

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**  
Institut fyziky

**Zpracování dat z GNSS stanice a vizualizace  
terénních prav**  
**Processing of data from the GNSS station and  
visualization of landscaping**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Autor:**

Bc. Petr Vršanský

**Vedoucí bakalářské práce:**

doc. Dr. Ing. Zdeněk Neustupa

Ostrava 2017

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Vršanský**  
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 3902T064 Systémové inženýrství v průmyslu  
Téma: **Zpracování dat z GNSS stanice a vizualizace terénních úprav.**  
**Processing of data from the GNSS station and visualization of landscaping.**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Digitální model terénu
3. Konstrukce terénního modelu
4. Matematické zpracování dat
5. Popis modelového území a získání dat
6. Tvorba digitálního modelu terénu
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NEUSTUPA, Z. *Aplikace informačních technologií pro modelování a tvorbu krajiny po hornické činnosti – Habilitační práce*. Ostrava: VŠB Ostrava, 2006. 186 s.
- [2] BAYER, Z. *Algoritmy v digitální kartografii*. Praha: Univerzita Karlova, 2008. 251 s.
- [3] KRTIČKA, L. *Úvod do kartografie*. Ostrava: VŠB Ostrava, 2007. 87 s.
- [4] RAPANT, P. *Geoinformatika a geoinformační technologie*. Ostrava: VŠB Ostrava, 2006. 463 s.
- [5] URBAN, J. *Digitální model terénu*. Praha: ČVUT, 1999. 64 s.
- [6] MAYER, P. *Počítačové modelování krajiny*. Praha: ČVUT, 1995. 109 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

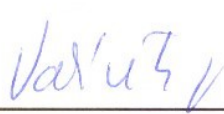
Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Neustupa**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

  
doc. Dr. Ing. Michal Lesňák  
vedoucí institutu



  
doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.  
děkan fakulty

## ***Prohlášení autora diplomové práce***

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).



## ANOTACE

Cílem této diplomové práce je vytvoření digitálního modelu (DMT). Zájmová oblast je v katastrálním území Bečov, konkrétně se jedná o pozemek, na kterém je postaven nový rodinný domek. K vytvoření digitálního modelu terénu byly využity dva druhy dat. Volně dostupná mapa s vrstevnicemi, podle kterých byl vytvořen jeden model terénu. Druhý digitální model terénu byl vytvořen podle výškových bodů naměřených pomocí GNSS stanice South S-82T. K vytvoření obou modelů byl využit program ArchiCad 18 (studentská verze). Výsledné modely byly mezi sebou porovnány a vyhodnoceny.

*Klíčová slova: GNSS, digitální model terénu (DMT), ArchiCad, vizualizace, vrstevnice, výška nad hladinou moře*

## ANNOTATION

The aim of this thesis is to create a digital model (DMT). The area of interest is in the cadastral area of Bečov, specifically the land on which a new family house is built. Two types of data were used to create a digital terrain model. A freely accessible contour map according to which one model of the terrain was created. The second digital terrain model was created according to the height points measured using the GNSS South S-82T. ArchiCad 18 (student version) was used to create both models. The resulting models were compared and evaluated.

*Keywords: GNSS, digital model terrain (DMT), ArchiCad, visualization, contour line, height above sea level*

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU.....</b>	<b>9</b>
2.1	PŘÍMÉ METODY SBĚRU DAT.....	9
2.1.1	<i>Nivelace.....</i>	10
2.1.2	<i>Global Navigation Satellite Systém (GNSS) .....</i>	11
2.1.3	<i>Tachymetrie .....</i>	12
2.1.4	<i>Fotogrammetrie .....</i>	13
2.1.5	<i>Light Detection and Randerling (LIDAR).....</i>	14
2.2	NEPŘÍMÉ METODY SBĚRU DAT .....	15
2.2.1	<i>ZABAGED .....</i>	16
2.2.2	<i>DMÚ 25 .....</i>	18
2.2.3	<i>SRTM data.....</i>	19
2.2.4	<i>Vektorizace analogových dat .....</i>	21
2.2.5	<i>Sběr dat pod vodní hladinou .....</i>	22
<b>3</b>	<b>KONSTRUKCE TERÉNNÍHO MODELU .....</b>	<b>23</b>
3.1	POLYEDRICKÝ MODEL TERÉNU .....	24
3.2	PLÁTOVÝ MODEL TERÉNU .....	25
3.3	RASTROVÝ MODEL TERÉNU .....	26
<b>4</b>	<b>MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....</b>	<b>26</b>
4.1	SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY PRO URČOVÁNÍ VERTIKÁLNÍ POLOHY.....	28
4.2	VÝPOČET PŘESNÉ POZICE DRUŽICOVÝM SYSTÉMEM .....	29
4.3	METODY ZPŘESŇOVÁNÍ URČOVÁNÍ POLOHY .....	32
4.3.1	<i>Průměrování.....</i>	32
4.3.2	<i>Diferenční GPS.....</i>	33
<b>5</b>	<b>POPIS MODELOVÉHO ÚZEMÍ A ZÍSKÁNÍ DAT .....</b>	<b>34</b>
5.1	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ.....	34
5.2	ZÍSKÁNÍ PODKLADŮ PRO VIZUALIZACI .....	34
5.2.1	<i>Měřicí stanice řady S-82T od firmy SOUTH Surveying .....</i>	34
5.2.2	<i>Měření pomocí GNSS stanice .....</i>	43
5.2.3	<i>Výsledek měření .....</i>	44
5.3	DMT VYTVOŘENÝ PODLE VRSTEVNIC .....	47

<b>6</b>	<b>TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU .....</b>	<b>48</b>
6.1	ARCHICAD .....	48
6.1.1	<i>BIMTech Tools</i> .....	49
6.2	DMT PODLE VRSTEVNIC.....	50
6.2.1	<i>Tvorba DMT dle vrstevnic</i> .....	50
6.3	TVORBA DMT PODLE SOUŘADNIC Z MĚŘENÍ POMOCÍ GNSS STANICE .....	53
6.3.1	<i>Tvorba DMT podle geodetických dat</i> .....	54
6.4	FINÁLNÍ TERÉNNÍ ÚPRAVY .....	56
6.4.1	<i>Úprava DMT podle geodetických souřadnic</i> .....	56
6.5	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ DMT .....	59
6.5.1	<i>DMT podle vrstevnic</i> .....	59
6.5.2	<i>DMT podle naměřených dat z GNSS stanice</i> .....	60
6.5.3	<i>Upravený DMT podle naměřených dat</i> .....	61
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>70</b>

## 1 ÚVOD

Pro plánování každé stavby a provedení terénních úprav je důležité vytvořit adekvátní model terénu, který bude obsahovat všechny požadavky zadané zadavatelem, investorem stavby či terénních prací. Tato diplomová práce je zaměřena na vytvoření dvou digitálních modelů terénů. První digitální model terénu vytvořen podle volně dostupných informací, dle mapového podkladu s vyznačenými vrstevnicemi. Druhý digitální model terénu je vytvořen na základě měření v terénu, které bylo měřeno pomocí GNSS stanice South S82-T.

Zájmové území se nachází v katastrálním území Bečov, na pozemku, na kterém je postaven nový rodinný domek. Pozemek je po částečných terénních úpravách, které byly provedeny během fáze výstavby domu. Ve finální fázi projektu jsou plánovány terénní práce, které mají upravit tři vybrané části předmětného pozemku.

Práce je členěna do kapitol dle postupu vytváření jednotlivých digitálních modelů. Pro práci se všemi daty byl zvolen program ArchiCad 18 (studentská verze). Výsledkem porovnání modelu vytvořeného podle volně dostupného mapového podkladu s vrstevnicemi s modelem vytvořeným podle výškových bodů získaných měření v terénu je přesný objem přesunutých hmot. Tímto vyhodnocením si lze vytvořit představu o náročnosti budoucích terénních úprav.



## 2 DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU

Digitální modely terénu byly poprvé použity v geoinformatice kolem roku 1950 na Massachusetts Institute of Technology. Digitální model terénu neboli DMT je digitální popis a prezentace reálného povrchu (plochy reliéfu zemského povrchu) jako 2 D nebo 3 D modelu. Digitální modely terénu jsou příležitostí, jak zobrazovat a analyzovat úkazy spojené s topografií a reliéfem terénu. Lze na něm zkoumat i různé jevy závislé na výškové členitosti krajiny.

S využitím digitálního modelu se setkáme v mnoha odvětví. Například geoinformační technologie (geodézie, GIS), hospodaření s přírodními zdroji a přírodní vědy (k tvorbě map rizik, využívaných k simulaci půdních sesuvů, zemětřesení, analýze říčních koryt, záplavových území, těžební a pěstební strategie atd.). Praktické využití nalezneme ve stavebnictví při projektování silnic, železnic, vodních nádrží, těžby a pozemkových úprav. Použitím vhodných nástrojů jsme schopni vypočítat objem přesouvaných hmot. Jedním z největších uživatelů digitálních modelů terénu je armáda, například pro analýzu viditelnosti v terénu, letové simulace, optimalizace tras, analýzy dostupnosti a dohlednosti atd.

Rozlišujeme několik druhů digitálních modelů terénu, dle skutečnosti, jakou daný model popisuje a zda k popisu využívá jen body nebo i linie a plochy. Druhy digitálních modelů terénu jsou:

- Digitální model reliéfu (DMT = digital terrain models) plochy reliéfu „holého“ zemského povrchu, tedy bez vegetace, budov atd.
- Digitální model povrchu (DMS = digital surface models) zobrazuje povrch terénu a plochy všech objektů na něm (budovy, vegetaci atd.)
- Digitální výškový model (DEM = digital elevation models) model reliéfu, který obsahuje výhradně body nadmořských výšek.

### 2.1 Přímé metody sběru dat

Geodetickým měřením (nivelace, tachymetrie) v terénu nebo metodou GNSS získáváme přímo měřená data. Tato měření poskytují velmi přesné určení polohy a výšky.

V případě využití laserového skenování a radarového snímání jsou data poskytována v řádu desítek centimetrů.

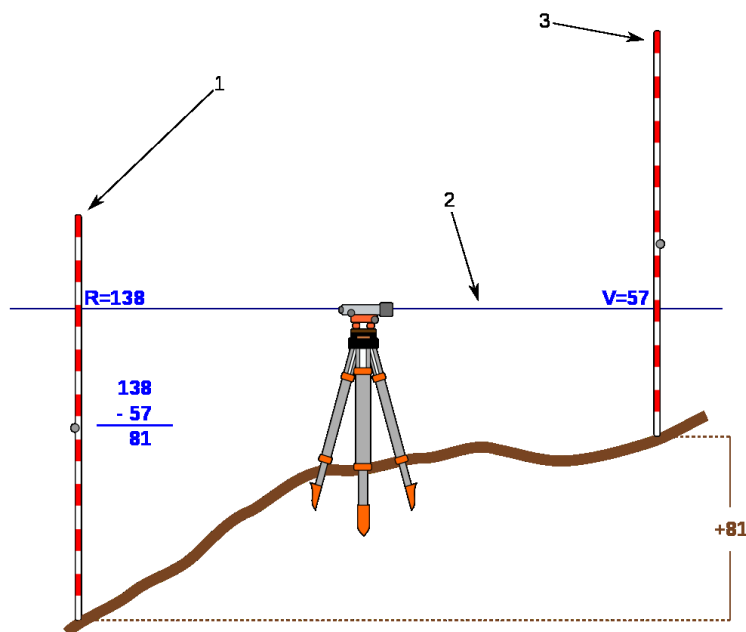
Přímým měřením vznikají data již přímo za účelem modelování terénu.

### **2.1.1 Nivelace**

Nivelační přístroje se, jak již jejich název napovídá, používají pro tzv. nivelaci neboli výškové měření. Podstatou nivelace je tedy určení rozdílu výšek dvou bodů od zvoleného horizontu, který je realizován do vodorovné polohy urovnaným dalekohledem nivelačního přístroje. Prostřednictvím nivelačních přístrojů vytyčujeme vodorovnou rovinu. [1]

Nivelační přístroje se především využívají ve stavebnictví. Správné určení výškových úrovní patří k základním měřickým úlohám od počátků stavebnictví. Vývoj měřicí techniky v průběhu času přešel od jednoduchých vodováh přes libelové nivelační přístroje (starší konstrukce) až k současným automatickým nivelačním přístrojům využívajícím k přesnému určení vodorovné roviny tzv. závěsný kompenzátor. Prosazovat se začínají i výkonné elektronické nivelační přístroje. [1]

Nicméně přesný optický nivelační přístroj je možné využívat pro výškové měření i v jiných oborech, například při srovnávání strojírenských technologií do vodorovné roviny nebo při určování a vytyčování výškových rovin v architektuře, zemědělství či krajinotvorbě. Nivelační přístroj by měl být v základní výbavě každé stavební firmy, jelikož kromě využití při výškovém měření jej lze v menší míře využít i pro základní úhlové měření či pro hrubé měření vzdáleností. [1]



Obrázek 1: Nivelace [1]

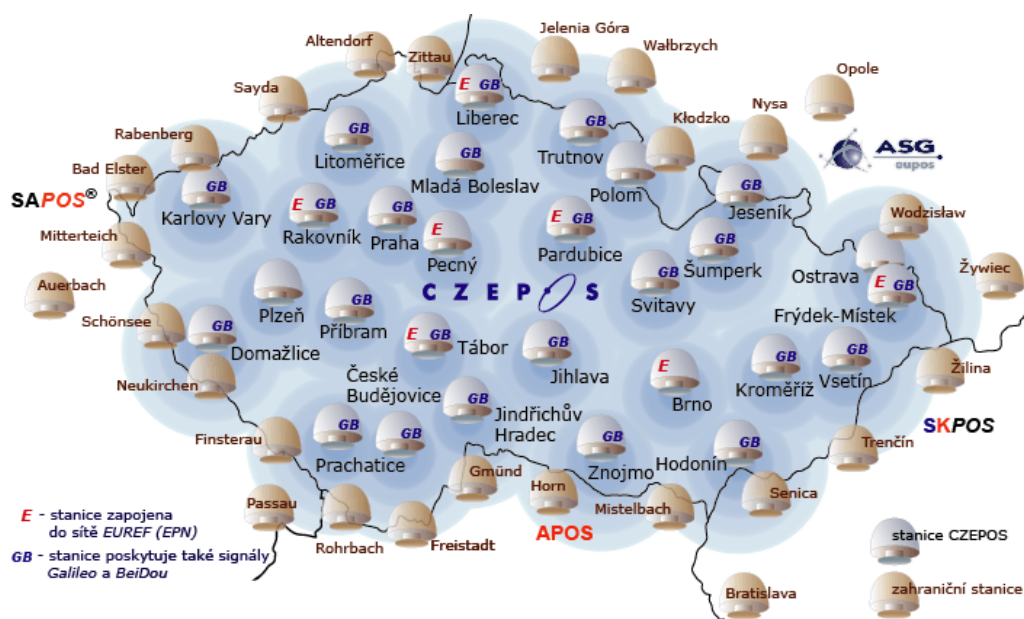
### 2.1.2 Global Navigation Satellite System (GNSS)

Globální družicový navigační systém je služba, umožňující určování polohy s velkou přesností za pomoci signálů z družic. Kritérii signálů GNSS jsou spojitost signálu, aktuálnost v reálném čase a co největší pokrytí. Na základě zpracování signálů vysílaných družicemi Globálního navigačního družicového systému je možné určovat prostorovou polohu fázového centra antény přijímače těchto signálů. Aplikace využívající signály GNSS jsou hojně využívány v silniční, železniční, letecké a námořní dopravě, ale i v oblastech jako jsou telekomunikace, geodézie, zemědělství, těžba nerostných surovin a hledání ložisek těžby nerostných surovin, ekologie. Data jsou využívána celosvětově také pro předpověď možných přírodních katastrof. Družicová navigace je již dnes součástí každodenního života lidí, jako navigační systém v automobilech a mobilních telefonech, ale také například v bankovních a v mnoha dalších službách. [2]

Existuje celá řada permanentních stanic nacházejících se na území České republiky (technická zařízení, provádějící souvislý záznam dat ze signálů globálních navigačních družicových systémů umožňující poskytovat tato data nebo případné další služby a výstupy jednotlivým uživatelům). Data z těchto stanic mohou být využita i pro zeměměřické činnosti pro účely katastru nemovitostí. Kvalita služeb a výstupů, a především určení

souřadnic v systému ETRS89 jednotlivých permanentních stanic je různá, z toho důvodu je potřebné při jejich využití výkonu zeměměřických činností [3]

Síť permanentních stanic GNSS na našem území se nazývá CZEPOS. CZEPOS poskytuje korekční data pro přesné určení pozice na území České republiky uživatelům globálních navigačních satelitních systémů (GNSS). Síť stanic spravuje a provozuje Zeměměřický úřad jako součást geodetických základů České republiky. [4]



Obrázek 2: Síť permanentních stanic GNSS České Republiky [4]

### 2.1.3 Tachymetrie

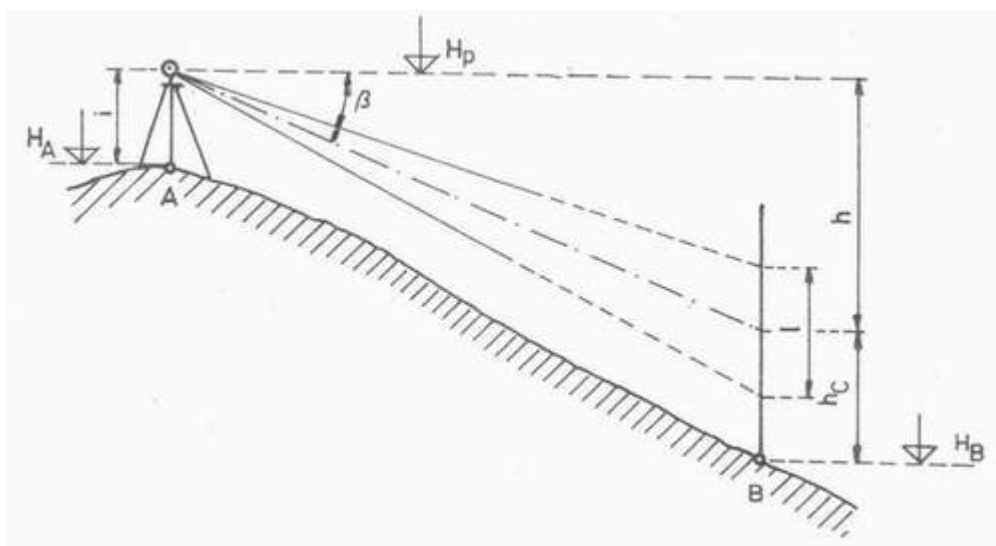
Název metody tachymetrie (dříve tacheometrie) vznikl z řeckých slov tacheo – rychlost a metrein – měřit. Přeloženo tedy jako „rychloměřictví“. Jedná se o metodu s mnohostranným využitím pro rychlé zaměření terénu s dostatečnou přesností. Vzdálenost se měří nepřímou. [5]

Tachymetrie je zaměřovací metodou, kdy jedním zaměřením ze stanoviska (tachymetrické stanovisko) získáme prvky pro určení polárních souřadnic i výšky podrobného bodu. Těmito prvky jsou výškový úhel (pro výškový rozdíl), vodorovný směr a laťový úsek (pro délku). Pokud nejsou zadána tachymetrická stanoviska, mohou být zaměřena touto metodou. Dle použití měřického přístroje můžeme rozdělit tachymetrii například na tachymetrii grafickou = stolovou (v kombinaci s měřickým stolem), číselnou

= nitkovou (nevyužívá grafických postupů), tachymetrii s elektronickým tachymetrem a blokovou tachymetrii. [5]

Měřickým přístrojem používaným k tachymetrování (tj. k tachymetrickému měření) je tachymetr. Tachymetrem je v podstatě minutový theodolit (geodetický přístroj sloužící k měření a vytyčování vodorovných a svislých úhlů), který je vybaven optickým dálkoměrem, nitkovým se svislou latí. V současnosti nejpoužívanějším tachymetrem je elektronický, který je vybaven odrazným reflektorem (hranolem) na výsuvné výtyčce, který slouží k měření délek namísto tachymetrické latě. [5]

Metoda je využívána pro projektovou dokumentaci, pro tvorbu vrstevnicového plánu.



Obrázek 3: Tachymetrie [5]

#### 2.1.4 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je vědní obor, jehož název vznikl z řečtiny: fótos – světlo, gramma – písmeno, zápis, metrie – měření. Fotogrammetrie se zabývá získáváním informací z obrazových záznamů, které představují měřické snímky. Informacemi jsou tvar, velikost a poloha objektů zobrazených na měřických snímcích = geometrické vztahy. Měřický snímek neboli obrazový záznam je pořízený fotografický snímek, vytvořený za speciálních podmínek v měřické komoře (první vznikl v roce 1839). [6]

Fotogrammetrii lze rozdělit dle polohy stanoviště fotografické komory:

**Družicová fotogrammetrie** – stanovisko se nachází ve vesmíru na umělé družici Země. [6]

**Letecká fotogrammetrie** – stanovisko je umístěno na letícím nosiči jako je balón, rogallo, letadlo atd. [6]

**Pozemní fotogrammetrie** – stanovisko je umístěno pevně na Zemi

Fotogrammetrii lze rozdělit dle počtu snímků potřebných pro získání potřebných informací:

**Jedno snímková** – využití jednotlivých snímků pro vyhotovení fotoplánu, tedy pouze polohopisu, aby vznikl polohopis je potřeba před snímkováním geodeticky zaměřit alespoň 4 body (vlíčovací body), nejlépe tak, aby byly umístěny v rozích snímku a v rovině, vyhodnocení se provede kolineární transformací rastrového obrazu [6]

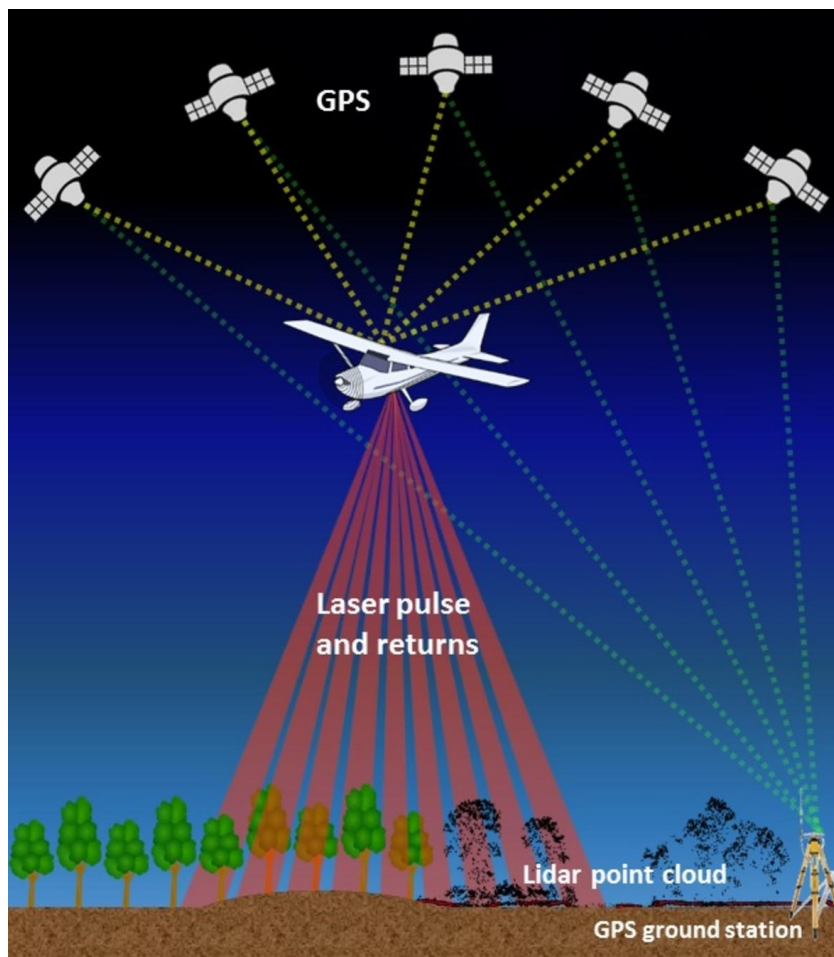
**Více snímková** – alespoň dva vzájemně se překrývající snímky, kdy pomocí stereoskopického vjemu využitého pro vyhodnocení v místě překrytu snímků lze vytvořit trojrozměrný obraz terénu – lze vyhotovit mapu s výškopisem [6]

V souvislosti s nástupem digitalizace vznikla fotogrammetrie digitální. V tomto případě se měřické snímky převádějí do digitálního, číslicového vyjádření, které jsou dále zpracovávány pomocí softwaru na počítačích. Výstup může být jak digitální, tak i grafický.

### 2.1.5 Light Detection and Ranging (LIDAR)

LIDAR neboli letecké laserové skenování je velmi mladou technologií (cca 15 let) umožňující sběr bodů pro tvorbu digitálního modelu reliéfu a modelu terénu, a to i v zalesněných oblastech. Principem LIDARU je měření vzdálenosti pomocí laserového paprsku. Tato technologie si našla své uplatnění v mnoha praktických aplikacích, jako je například tvorba 3D modelu města, analýza vegetačního pokryvu (parametry lesa – druhové zastoupení, objem poškození, výška stromů a jejich počet atd.), sledování nadzemních vedení (silnice, železnice, ale i elektrická vedení), mapování pobřeží a v blízkosti vodních ploch (mapování vodní hladiny – mapy pobřeží, záplavová území a mapování pod vodní hladinou – mořské dno v ideálních podmínkách až do 50 metrů) apod. Laserové skenování za pomoci leteckého laserového skeneru je vyvinuto pro přesné, rychlé a operativní mapování rozsáhlých území, kde standartní metody (tachymetrie, GPS,

fotogrammetrie) již nestačí. Výhodou je možnost měření 24 hodin denně, jelikož se jedná o laserové skenery nezávislé na slunečním světle. Praktické uplatnění v Česku našla tato metoda teprve nedávno. Celý proces měření a následného zpracování je z velké části automatizován. Všechna data jsou získána již primárně v digitální formě, a proto je také vyhodnocení prováděno na počítači. [7]



Obrázek 4: Lidar [7]

## 2.2 Nepřímé metody sběru dat

Kromě přímého měření (geodetickými metodami) lze data získat i metodou nepřímou. Data pro modelování terénu lze odvodit již z existujících zdrojů, nejčastěji formou vektorizace analogové mapy, nebo z datových zdrojů poskytovaných Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Zdarma dostupné datové zdroje jsou např. digitální model terénu pro Českou republiku z mise raketoplánu Endeavour.

### 2.2.1 ZABAGED

ZABAGED neboli základní báze geografických dat České republiky je komplexní digitální geografický model území České republiky. Proces tvorby ZABAGED započal v roce 1995, kdy byla prvotně pořízena data skenováním a vektorizací, ale už dříve před tímto datem probíhaly různé přípravy. Až v roce 2004 došlo k naplnění databáze ZABAGED všemi nadefinovanými objekty v rozsahu území celé ČR (vytvořeny a obnoveny státní mapová díla středních měřítek). Od roku 2012 bylo na základě dat z leteckého laserového skenování zahájeno zpřesňování vybraných typů objektů, především silnic a dálnic, železničních tratí, osy vodních toků atd. V roce 2015 bylo zahájeno zpřesnění budov a dalších stavebních objektů. [8]

ZABAGED je hlavním zdrojem informací pro tvorbu základních map ČR měřítek 1:10 000 až 1:100 000. Geografická data ČR jsou využívána jako základní informační vrstva v územně orientovaných informačních a řídicích systémech veřejné správy ČR. Obsah ZABAGED je postupně rozšiřován na základě požadavků od uživatelů. [8]

Správcem databáze je Zeměměřický úřad. ZABAGED je součástí informačního systému zeměměřictví podle zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o zeměměřictví“). Obsah a předmět správy ZABAGED je dán vyhláškou č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon o zeměměřictví. [8]

ZABAGED je v současné době tvořena 122 typy geografických objektů zařazených do polohopisné nebo výškopisné části. Polohopisná část obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a terénním reliéfu. Součástí jsou údaje o geodetických bodech na území ČR. Polohopis je veden v podobě bezešvé databáze pro celé území ČR. Výškopisná data ZABAGED poskytují informace o výškových poměrech terénního reliéfu, respektive povrchu (včetně staveb a rostlinného pokryvu) České republiky. Od počátku existence ZABAGED jsou objekty pravidelně celoplošně revidovány a aktualizovány, a to dvěma základními způsoby:



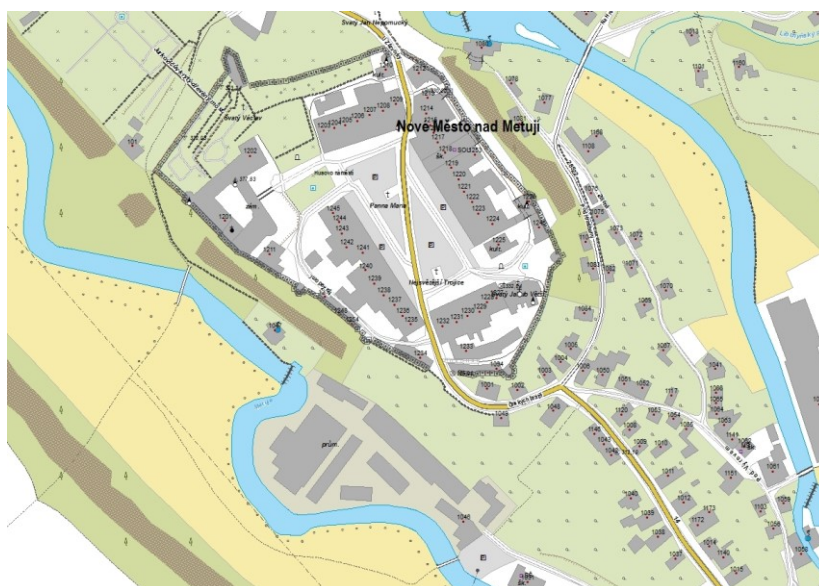
- tzv. plošný (periodický) způsob aktualizace – terénní místní šetření, šření informací od orgánů veřejné správy, na podkladě dat získaných z dálkového průzkumu Země [8]

- tzv. průběžný způsob aktualizace – aktualizace ve spolupráci se správci informačních systémů veřejné správy dle potřeby [8]

ZABAGED je přístupný prostřednictvím stahovací a prohlížečské služby na stránkách geoportálu českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

Tabulka 1. Zabaged Výhody/Nevýhody

Výhody	
•	lepší propojitelnost s oborovými databázemi
•	přítomnost hranic (katastrů, obcí, dobývacích prostorů, rozvodí aj.)
•	neduplicitní uložení většiny prvků databáze
•	větší podrobnost zákresu budov, vodních toků apod.
Nevýhody	
•	o něco menší rozsah sledovaných prvků (většinou "topografických")
•	užší spektrum napojitelných atributů, zejména u objektů komunikací a rostlinného pokryvu
•	některé prvky plošného charakteru jsou zaznamenány jako linie (např. mokřiny, budovy)
•	pomalejší tempo zpracování
•	vyšší cena dat



Obrázek 5. Základní báze geografických dat České Republiky (ZABAGED®) – polohopis [8]



Obrázek 6. Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) - výškopis – 3 D vrstevnice [8]

### 2.2.2 DMÚ 25

Digitální model území (DMÚ 25) je komplex dat a programových prostředků pro sběr, zpracování a aktualizaci digitálních informací o území. DMÚ 5 je vektorovou databází topografických informací o území ČR. Obsahem a přesností koresponduje s vojenskými topografickými mapami měřítka 1:25 000 (TM25). Vojenské mapové dílo je zdrojem kvalitních topografických dat. Data DMÚ (rastrové mapy, vektorové databáze...) jsou součástí vojenského topografického informačního systému (VTIS). [9]

Obsahem databáze jsou topografické objekty roztrženy do 7 následujících vrstev: vodstvo – všechny druhy (obsažené podrobné informace např. typ dna, šířka, hloubka), sídla, silnice (mosty, nadjezdy, křižovatky), železnice (uvedeny i vlastnosti - např. číslo tratě), vedení sítí, rostlinný a půdní kryt, hranice (administrativní, tematické – rezervací vojenských výcvikových prostorů), a terénní reliéf. Stejně jako databáze ZABAGED je bežešvým digitálním modelem celého území ČR, s tím rozdílem, že DMÚ 25 nekončí na hranici státu, ale zobrazuje několik kilometrů široké pásmo ze sousedních států. Jedná se tedy o dílo srovnatelné s databází ZABAGED. [9]

DMÚ 25, jakožto součást Vojenského informačního systému je vytvářen v Toposlužbě AČR, jmenovitě ve VTOPÚ Dobruška. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (VGHMÚř) se sídlem v Dobrušce je správcem digitálních

produktů odvozených z vojenských topografických map. Autorská práva k DMÚ 25 spravuje Generální štáb Armády České republiky.

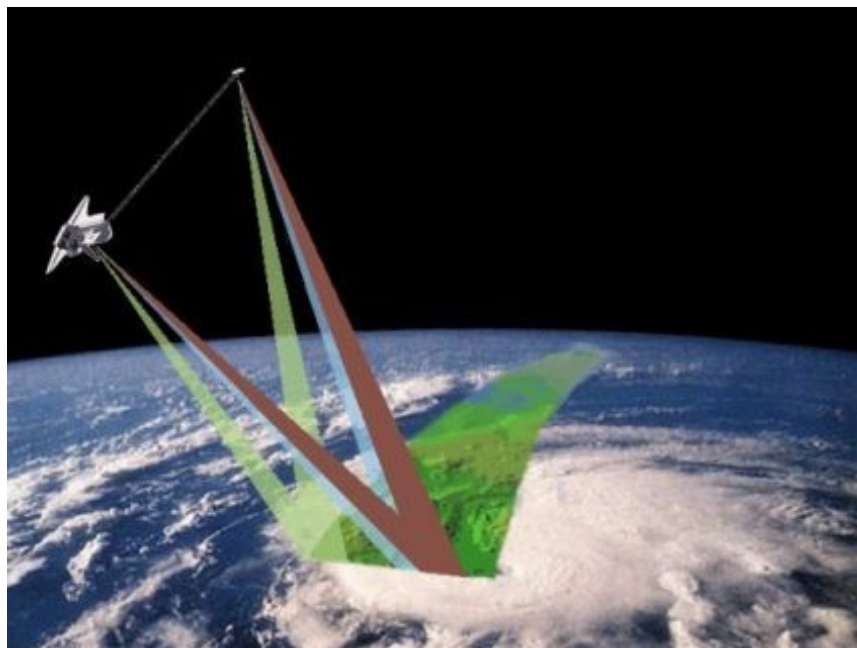
Tabulka 2. DMÚ 25 - Výhody/Nevýhody

Výhody	
•	větší rozsah sledovaných objektů a jevů
•	širší spektrum připojitelných atributů, zejména v oblastech komunikací a rostlinného pokryvu
•	"plošně" orientovaná databáze (většina objektů plošného charakteru je uvedena v podobě areálů - polygonů)
•	pokročilejší fáze naplňování databáze
•	nižší cena produktu
Nevýhody	
•	nepřítomnost výškových dat (možno připojit DMR-2)
•	nepřítomnost objektů, které nelze v "terénu" zjistit (hranice chráněných území, obcí a katastrů, rozvodí aj.)
•	zatím není zajištěna vazba na oborové databáze
•	částečná duplicita některých grafických dat
•	vyšší míra generalizace některých objektů (hlavně budov, vodních ploch aj.)

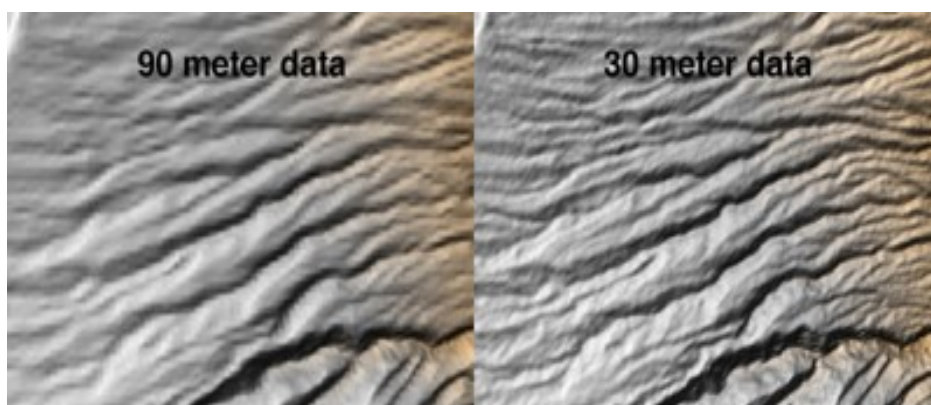
### 2.2.3 SRTM data

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) jsou data, který byla vytvořena v rámci amerického projektu vedeného organizacemi NASA (The National Aeronautics and Space Administration) a NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) s přispěním německé a italské kosmické agentury. V únoru roku 2000 se uskutečnila mise raketoplánu Endeavour, na kterém byla umístěna radarová snímací aparatura, s jejíž pomocí byly během 11 dní pořízeny interferometrická radarová data prakticky z území celého světa (80 % povrchu souše). Měřené území od 56° jižní šířky po 56° severní šířky. Účelem tohoto měření bylo vytvoření nejkomplexnější digitální topografické databáze s vysokou rozlišovací schopností. Bylo to možné pouze díky radarů pracujících na frekvencích umožňujících pořízení dat bez ohledu na denní dobu a meteorologické podmínky (více jak 90 % bylo nasnímáno dvakrát a téměř 50 % území třikrát). Obvykle tato technika měření vyžaduje dvě družice nebo jeden satelit, který musí vykonat více průletů nad měřeným územím. V misi SRTM byl využit nový postup měření, při kterém byla jedna anténa umístěna v nákladovém prostoru raketoplánu. Druhá anténa byla umístěna na konci 60metrového ramena ve vesmírném prostoru. Díky souběžnému měření ze dvou zdrojů v jednom

okamžiku, byly podmínky na každém měřeném území stejné. Oproti měření, u kterého by se musel provést další průlet navíc, jsou eliminovány možné změny způsobené větrem a vegetací. Pro území USA jsou k dispozici přesnější data, data v rastrové podobě s prostorovým rozlišením 1 úhlová vteřina (cca 30 metrů na rovníku), než data pro okolní svět-3 úhlové vteřiny (cca 90 metrů na rovníku). Pro zeměpisnou šířku střední Evropy to představuje přibližně  $90 \times 60$  metrů. [10]



Obrázek 7. mise raketoplánu Endeavour – měření dat ze dvou zdrojů [11]



Obrázek 8. znázornění detailnějšího rozlišení: vpravo data pro USA, vlevo data pro okolní svět [12]

## 2.2.4 Vektorizace analogových dat

Vektorizace je převod z rastrové do vektorové podoby. V případě, že nejsou k dispozici digitální data, je potřeba využít naskenované analogové mapy (papírové mapy, mapy na PET foliích) k digitalizaci vrstevnic a výškových bodů. Při vektorizaci jsou využívány 3 základní metody:

- Ruční metoda vektorizace – nejméně náročný, ale zdoluhavý způsob zpracování, v závislosti na podkladech, vhodný pro staré podklady nebo velice řídké podklady, přichytávání vektorových prvků na existující rastrovou kresbu možné v programu Kokeš, MicroStation [13]

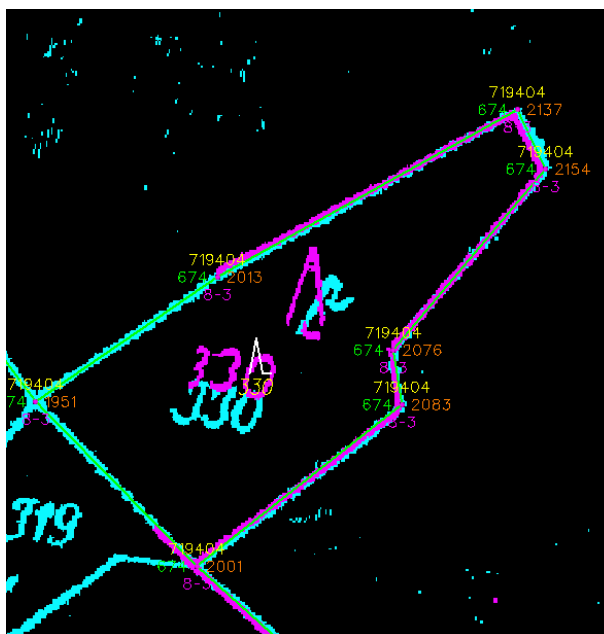
- Poloautomatická metoda vektorizace – v závislosti na kvalitě je možné nastavit v programu pro vektorizaci (záleží na typu programu) několik důležitých parametrů pro zautomatizování činnosti (maximální šířka linie, kvalita rastrového podkladu atd.), při této metodě se zvolí počátek rastrové linie, systém se pokusí identifikovat rastrový objekt, ukáže směr, kterým se vektorizace bude ubírat, a při potvrzení ze strany operátora, se vydá vektorizovat, dokud nenarazí na nějakou překážku (mezera, křižovatka) či sporný bod, kde se zastaví a čeká na odezvu (jestli má pokračovat, v jakém směru má pokračovat, ...) programy pro poloautomatickou vektorizaci jsou např. ArcScan, MicroStation Descartes. [13]

- Automatická metoda vektorizace – převod rastru na vektor probíhá již plně automatizovaně, nelze použít pro převod běžných analogových podkladů, ale pouze pro tištěné mapy z digitálních podkladů, automatická vektorizace vyžaduje následnou kontrolu od uživatele, protože ve výsledku je zahrnuto několik chyb – nadbytečné body, ..., z tohoto důvodu se nemusí jednat o rychlou metodu vektorizace, oproti metodě ruční nebo poloautomatické, software pro využití automatické vektorizace ARC/INFO GRID, MicroStation Descartes. [13]

Metody vektorizace rastrových analogových dat jsou využívány při digitalizaci katastrálních map katastrálními úřady.

Obecný postup pro vektorizaci map pro tvorbu digitálního modelu terénu je tedy následující:

1. vybereme dostupný mapový podklad (papírová mapa, mapa na PET folii) dle lokality a účelu
2. naskenujeme mapový podklad na potřebné rozlišení
3. oříznutí mapového listu, napojení jednotlivých mapových listů, případně jejich transformace
4. samotná vektorizace mapového podkladu
5. tvorba digitálního modelu terénu



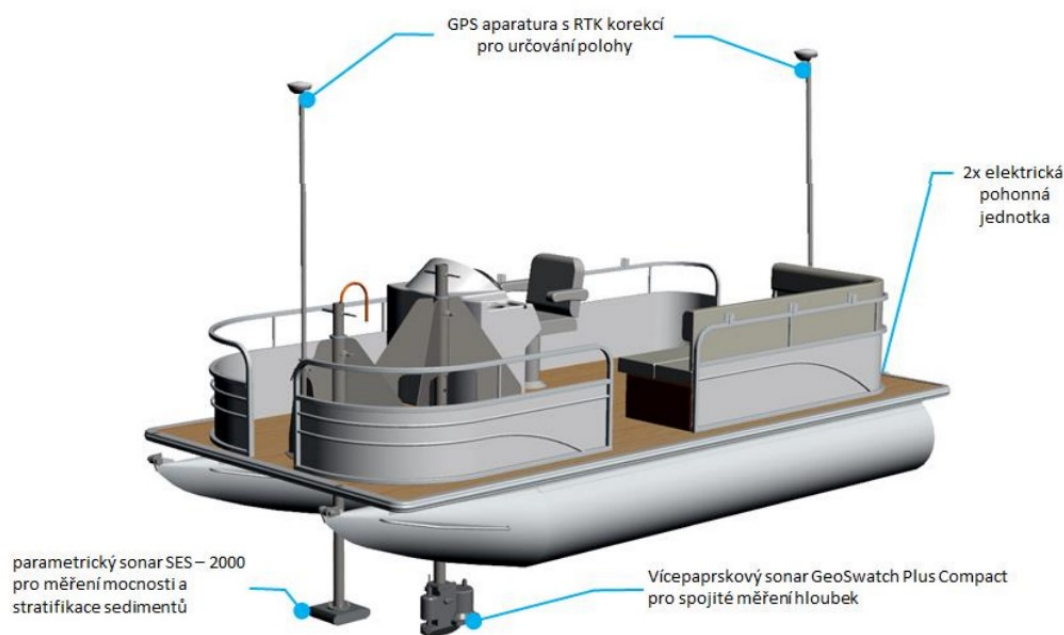
Obrázek 9. vektorizace (ruční metodou) hranice parcel (linie) při digitalizaci katastrální mapy, podkladem jsou naskenované a natransformované rastry map – modrá – papírová mapa pozemkového katastru, růžová – katastrální mapa na PET folii, vytvořeno v aplikaci MicroStation [vlastní zdroj]

### 2.2.5 Sběr dat pod vodní hladinou

Novou metodou pro sběr dat je sběr dat pod vodní hladinou a jejich využití. Monitoring stavu dna pomocí měřicí lodě CAPEREA byl představen na Konferenci GIS Esri. Tato metoda sběru dat má za úkol zefektivnit údržbu a provoz prvků vodohospodářské infrastruktury – vodních nádrží a úprav vodních toků. Výsledkem jsou porovnání obrazů dna, jednotlivých stavů (projektovaných, historických i současných) na základě kterých jsou následně stanoveny změny dna, tj. lokalizace zón sedimentace a vymílání. [14]



Morfologické změny jsou vyhodnocovány ve spojení s matematickým modelováním. Ve výsledku je potřeba zohlednit několik faktorů, např. vliv morfologických procesů na kapacitu nádrží a průtočných profilů, kapacitu protipovodňových opatření a ovlivnění plnění účelů, k nimž byla díla vybudována a zkolaudována. Na základě zjištěných informací bude stanovena efektivita zásahu údržby a doporučený způsob řešení, tak aby vodní dílo bylo ve stavu umožňujícím plnění jeho účelu. Vlastní systém bude vybaven webovým rozhraním tak, aby byl přístupný jak pořizovateli monitorovaných údajů, tak i správci daného vodního útvaru a dalším autorizovaným uživatelům. [14]



Obrázek 10. Sběr dat pod vodní hladinou [14]

### 3 KONSTRUKCE TERÉNNÍHO MODELU

Každý z vás se jistě už někdy setkal se zkratkou 3D nebo pojmem prostorový model. Určitě si dovedete představit, že vytvořit takový kvalitní 3D model nebude zas tak jednoduché. Jedním z typických příkladů, kde lze běžně spatřit počítačový model, může být např. film nebo reklama. Ten může být vytvořen takovým způsobem, že ho obyčejný člověk ani nepostřehne. [15]

Modelování a zobrazování přírodních objektů na terénu se v technických disciplínách nebere příliš vážně, až snad na výjimky v oblasti architektury a podobně. Nicméně podceňovat tuto kategorii nelze v žádném případě. Rychlý postup, jak vytvořit

prostorový 3D model stromů je použit např. jednoduchá primitiva. Válec se použije jako kmen, na něj umístíme kouli a vznikne dojem stromu. Pro jehličnany použijeme jehlan, pro topol válec atd. Nutno ale poznamenat, že výsledek bude značně technický. [15]

Problematika zpracování digitálního modelu terénu (DMT) se řadí do dvou skupin – a to mezi systémy CAD (objemové modelování, zobrazování) a mezi GIS systémy (rozsáhlostí dat a shodným předmětem modelování). Jedná se však o samostatnou problematiku, kterou je nutné chápat izolovaně. [15]

Pro inženýrské úlohy je důležité vybrat správnou kategorii software (CAD, GIS, DMT), z nichž každý může být orientován na stejný předmět (krajinu, terén), ovšem s různými rozlišovacími schopnostmi. Při podrobném modelování rodinného domu použijeme určitě CAD systém (především jeho objemový modelář). [15]

Pokud chceme vymodelovat urbanistický celek (vesnici), nezajímají nás konstrukční detaily každého domu, zato počet domů vzroste. Použijeme tedy program pro DMT, který schematicky zobrazí stavby, k nim přidá terén a vytvoří tak celou krajinnou scénérii. [15]

Pokud se budeme zajímat o vyšší územní celky, zajímá nás většinou pouze polohopis (výškopis maximálně schematicky – přes nakreslené vrstevnice) a dále vedení inženýrských sítí, silnice, řeky, hranice, pozemky atd. Použijeme tedy GIS. Vše je otázkou rozlišovací úrovně či stupně generalizace. [15]

### **3.1 Polyedrický model terénu**

Elementárními ploškami jsou nepravidelné trojúhelníky. Proložením rovin vrcholy jednotlivých trojúhelníků vzniká nepravidelný mnohostěn (tzv. polyedr), který se přimyká k terénu, společnou mají maximálně jen jednu hranu a dva vrcholy. Velikost a hustota trojúhelníků, tvořícího mnohostěn je závislá na velikosti a členitosti měřeného území. Vyšší hustota vrcholů je volena v místech, kde je terén členitější. Body na terénní ploše jsou vrcholy mnohostěnu, určené souřadnicově geodetickými metodami. Interpolace plochy se obvykle provádí lineárně po trojúhelnících. Triangulace či nepravidelná trojúhelníková síť je v současné době u komerčních systémů nejrozšířenější. Vrcholy trojúhelníků volíme tak, aby vystihovaly nejen průběh terénu, ale i jeho singularity. [15]



Proces vytváření nepravidelné trojúhelníkové sítě se nazývá triangulace. Při triangulaci je důležité, aby vytvořené trojúhelníky byly co nejvíce rovnostranné tzv. Delaunayho triangulace. Každý trojúhelník by měl co nejvěrněji reprezentovat hodnotu povrchu. Triangulace vytvoří vždy stejný výsledek bez závislosti na počáteční bod a orientaci bodů, výsledek bude předvídatelný a jednoduše opakovatelný. [15]

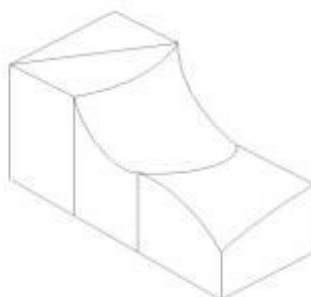
V současné době je polyedrický model terénu často využíván u komerčních systémů. Jedinou podmínkou k přesnějšímu zobrazení modelu měřeného terénu je větší hustota vrcholů v místech, kde je terén členitější. [15]



Obrázek 11. Polyedrický model [15]

### 3.2 Plátový model terénu

Tento typ modelu předpokládá, že terén je rozdělen na nepravidelné plošky trojúhelníkového nebo čtyřúhelníkového tvaru, které nemusí být rovinné, ale mohou být i zakřivené, hranice se vedou po singularitách. Postup tvorby plátového modelu začíná na triangulaci. Na něj může navazovat optimalizaci geometrických ploch, při které se některé hrany vypustí a mimo trojúhelníků se v modelu objeví i čtyřúhelníky či jiné mnohoúhelníky. Jejich skládáním (plátováním) pak vzniká model složený z obecných n-úhelníků. [15]

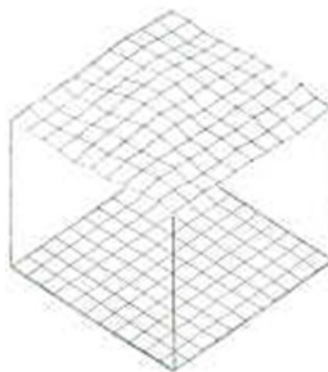


Obrázek 12. Plátový model [15]

### 3.3 Rastrový model terénu

Model je určen množinou elementárních plošek v pravidelné mřížce (rastru). Plošky jsou ve tvaru čtyřúhelníků, které je možné rozdělit na trojúhelníky. Rastrový model je definován hodnotami „X, Y“ – souřadnicemi bodu rastru. „Z“ souřadnice je výška, hodnota buněk samotného rastru. Při praktickém použití stačí určit vzdálenost bodů rastru a umístit jeden bod do souřadného systému, všechny ostatní prvky se snadno dopočítají. [9]

Rastrový model je výhodný v tom, že pracuje s pravidelnou maticí izolovaných bodů, jenž se dají snadno vypočítat a není nutné o nich udržovat všechna data. Vypovídající schopnost modelu závisí na jeho rozlišovací úrovni, na kolik jsou prvky rastru přimknuty ke skutečnému průběhu terénu. Velmi obtížně se taková hustota volí pro krajinu s velkou nepravidelností, kde jsou rozsáhlé rovné pláně nebo jezera nebo vysoké hory. Takový reliéf je potom nutné řešit rozdělením na několik modelů a každý zpracovávat zvlášť v různém rozlišení. V opačném případě by byl výsledkem model datově objemný nebo naopak nedostatečně podrobný. [9]

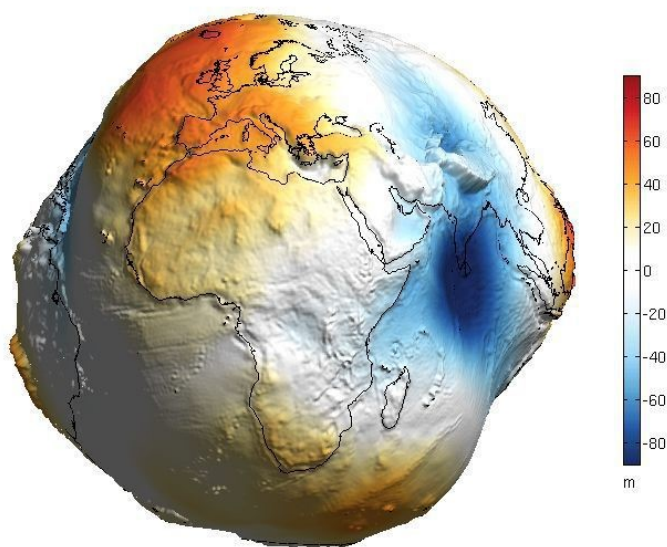


Obrázek 13. Rastrový model [15]

## 4 MATEMATICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Dá se Země považovat za kulatou, když je Mariánský příkop 11 kilometrů hluboký a v Himalájích je Mount Everest vysoký skoro 9 kilometrů? Tento dohromady 20 kilometrový rozdíl mezi nynějším nejvyšším bodem Země netvoří ani 0,3 % poloměru naší planety. Na globusu o průměru 30 cm, kdybychom chtěli reálně ukazovat výškové poměry na planetě, byl by Everest vysoký 0,3 milimetru, nikdo nemá takové oči, aby to viděl.

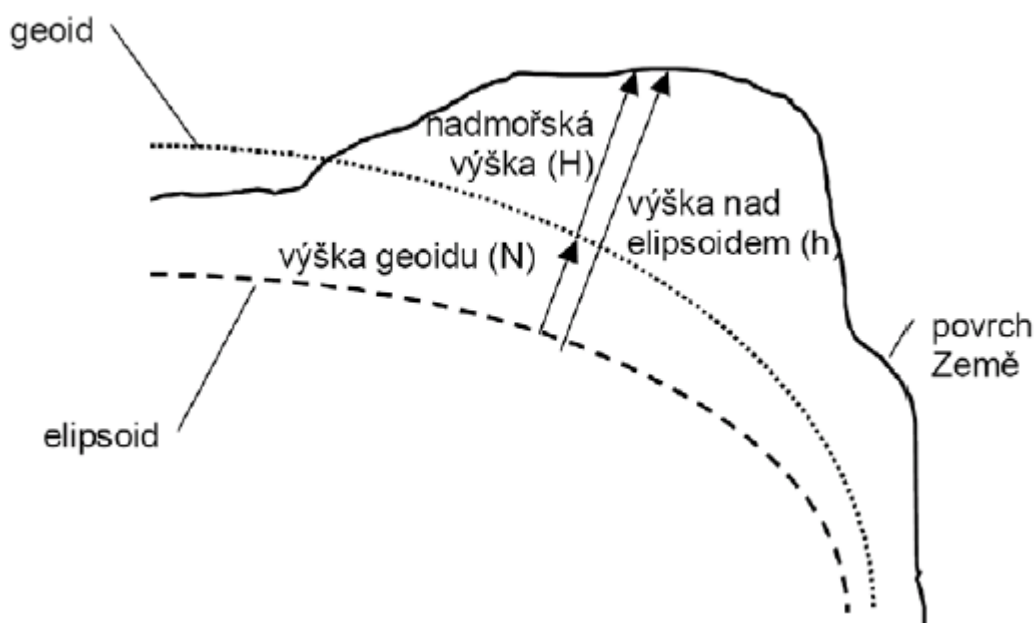
Zploštění Země způsobené odstředivou silou během otáčení Země. Vzdálenost zemských pólů je asi o 43 km menší než střední rovníkový průměr, tento jev odchyluje Zemi od kulatosti. Gravitační pole Země neodpovídá výškovému profilu. Země má nehomogenity nepravidelnosti, které jsou skryté a projevují se v gravitačním signálu. Tvar Země je něco, co by člověk nerozpozná okem, i když kosmonaut Zemi vyfotí, jednak je schovaná v atmosféře, a jednak odchylky od přesného kulového tvaru by nebyly lehce rozpoznatelné, ale gravitační signál ten je ukáže. Geodeti potřebují gravitační pole měřit pro zjišťování výšek a nivelaci, tak se to dělalo už od 19. století. V dnešní době máme družice, kterými lze gravitační pole měřit pro Zemi jako celek. V prvních měsících, co vyletěla první družice Sputnik v roce 1957, došlo k zpřesnění první odchylky Země od kulového tvaru. Sféricnost na dráhu družic nemá takový vliv jako gravitační pole. S každou změnou dráhy družic bylo možné zpřesňovat gravitační pole Země. Družice, až doteď byly běžně sledovány radary, a to umožňovalo zjistit tvar Země s přesností na stovky metrů. Od roku 2000 byly vypuštěny specializované mise s družicemi určenými pro měření gravitačního pole. Nyní z vesmíru vidíme to, co jsme předtím nikdy neviděli. Kdyby Země byla pokryta celá oceány tedy v gravitačním poli, mluvíme o tak zvaném geoidu, což je mapa gravitačního pole Země. Než vyletěli specializované družice, s jejichž přesnými daty se nyní pracuje, bylo známo, že tvar Země má celkové globální rysy, například, že je velká stometrová prohlubeň pod Indií v oceánu. To normálně člověk zrakem neuvidí, ale v signálu se to projeví úplně přesně. [16]



Obrázek 15. Odchylka tvaru Země od geoidu. Nerovnosti zvýrazněny tisíckrát. [16]

#### 4.1 Souřadnicové systémy pro určování vertikální polohy

Souřadnicový systém pro určení vertikální polohy (výšková hodnota) je většinou definován nezávisle na souřadnicovém systému pro určování horizontální polohy. Prakticky tento systém slouží k výpočtu výšky nad referenční plochou, kde měření probíhá. Těmito plochami můžou být buď plocha elipsoidu nebo povrch geoidu (střední hladina moře). [17]



Obrázek 16. Vztah mezi nadmořskou výškou, výškou geoidu a výškou nad elipsoidem [17]

**Výška nad elipsoidem** - elipsoidická výška nebo geodetická výška  $h$ , je měřena od elipsoidu podél kolmice procházející měřeným bodem. [Obrázek 16]

**Nadmořská výška** - výška nad geoidem  $H$ , je měřena od geoidu podél tížnice procházející měřeným bodem. [Obrázek 16]

Nadmořská výška lze vypočítat ze vztahu níže, což je rozdíl výšky nad elipsoidem vůči výšce geoidu.

$$H = h - N$$

Důležité, ne-li nezbytné je rozlišovat výšku nad elipsoidem a výšku nad geoidem. Možnou záměnou těchto výšek během používání GPS přijímačů a nesprávným nastavením se znehodnotí celé měření. Ty umožňují udávat výšku oběma způsoby. Vzhledem k tomu,

že rozdíl těchto výšek se na našem území pohybuje v intervalu 40–50 m může být záměna těchto hodnot zvláště v případě letecké navigace nebezpečná. [17]

Pro určování výšek v zadaném areálu se používají tzv. výškové systémy. Ty nejsou výsledkem kartografického zobrazení. Zpravidla určují nadmořskou výšku geoprvků ve vztahu ke zvolené srovnávací hladině, resp. danému referenčnímu bodu, který je umístěn na pobřeží moře a je reprezentován tzv. hydrometrickou stanicí, což je stanice, v níž se měří střední hladina moře. [17]

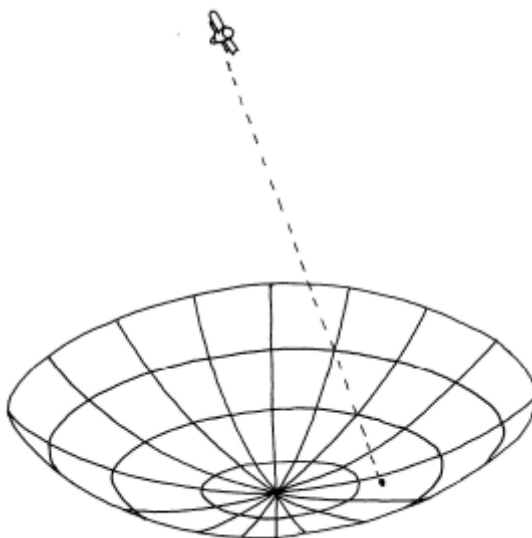
Od začátku přesného měření se na území České republiky, tehdejší části Rakousko-Uherska mezi lety 1872–1896, jako výchozí bod používala střední hladina Jaderského moře v Terstu. Ze kterého vznikl tzv. jaderský výškový systém. Na našem území byl tento systém využíván, až do druhé světové války. Po konci druhé světové války se Československá republika připojila do východního bloku, který pro měření výšek využíval jiný systém. Důvodem změny do té doby využívaného jaderského výškového systému, bylo sjednocení geodetických systémů ve všech státech východního bloku, proto muselo Československo přejít na nový výškový systém využívající výšku baltského moře. Výškový systém, který využívá Česká republika je udáván pod zkratkou Bpv, což znamená baltský po vyrovnání. Výchozím bodem označujícím 0, tedy bod s nulovou nadmořskou výškou, je body nacházející se v Kronštadt (poblíž Petrohradu). Postupně docházelo ke zhušťování sítě a doplňování tíhových měření. Rok 2000 byl dle § 4 Nařízení vlády č. 116/1995 Sb. mezním pro používání Jaderského výškového systému na našem území a jako závazný výškový systém se od té doby používá Baltský po vyrovnání. Výškové bodové pole tvoří Česká státní nivelační síť (následník bývalé Československé státní nivelační sítě – ČSJNS) a používá se normální výška (Moloděnského). Výchozí nivelační bod české sítě – Lišov – má v tomto systému nadmořskou výšku 564,760 m. [18]

## 4.2 Výpočet přesné pozice družicovým systémem

Absolutní poloha přijímače může být určena přímo v průběhu terénních měření pomocí zdánlivých vzdáleností získaných kódovými měřeními. Předpokládejme nejprve, že hodiny družice přijímače jsou skutečně synchronní a zanedbejme vlivy prostředí na šíření signálů (např. zpoždění signálu při průchodu ionosférou a troposférou). A dále předpokládejme, že neexistují ani žádné další vlivy, které by způsobily náhodné změny

výsledků měření (náhodný šum apod.). Pak z jednoho měření zdánlivé vzdálenosti jsme schopni určit, že přijímač se musí nacházet někde na kulové ploše se středem v družici a poloměrem  $r_1$  rovným vypočtené vzdálenosti. [Obrázek 17] Pokud současně provedeme stejné měření vzhledem k druhé družici, pak náš přijímač musí ležet na povrchu kulové plochy se středem v druhé družici a poloměrem  $r_2$ . Obě kulové plochy se protínají v kružnici. [Obrázek 18] Náš přijímač se tedy musí nacházet někde na této kružnici. Třetí současně změřená vzdálenost  $r_3$  pak definuje třetí kulovou plochu, která se s touto kružnicí protne ve dvou bodech. [Obrázek 19] Jeden z těchto dvou bodů může být ihned zanedbán, protože leží daleko ve vesmíru, takže současné měření vzdálenosti ke třem družicím je teoreticky schopné poskytnout přesnou polohu. Bohužel tak snadné je to opravdu jen teoreticky. [17]

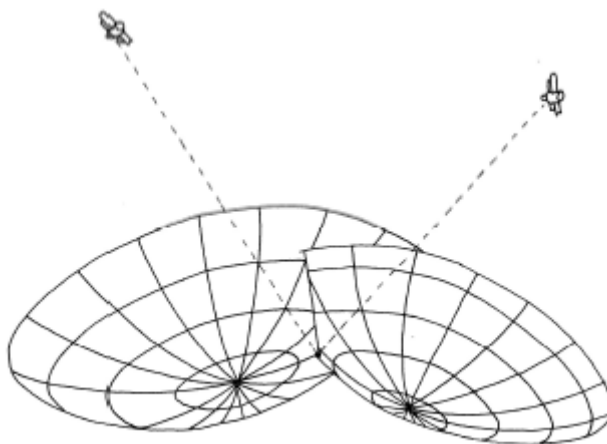
Prakticky, jak již bylo zmíněno, není synchronizace hodin družic a přijímače se systémovým časem družicového polohového systému tak dokonalá, takže je nezbytné celý postup určení polohy tomu přizpůsobit. [17]



Obrázek 17. Poloha přijímače vůči jedné družici [17]

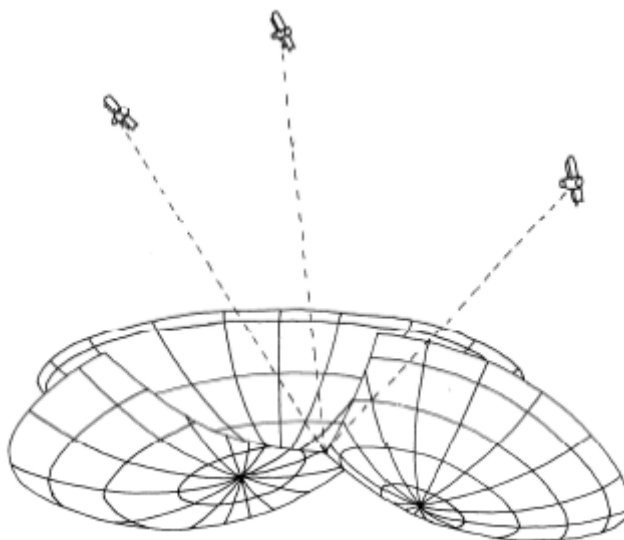
Posun hodin na družicích oproti systémovému času je známý, a proto je možné dodatečně časové údaje družic korigovat. Přesto však ještě zůstává neznámým časový posun  $\Delta T$  hodin přijímače vůči systémovému času. Tento časový posun se prakticky projeví tak, že výpočty určené zdánlivé vzdálenosti  $r_1$  až  $r_3$  nejsou správné, liší se o vzdálenost, kterou urazí radiové vlny za čas  $\Delta T$  [Obrázek 20], kde je problém pro lepší názornost předveden do roviny, a proto jejich průsečíkem není bod, ale „trojúhelník“.

Pouze až když opravíme vypočítané vzdálenosti o hodnotu  $c \cdot \Delta T$ , můžeme určit polohu přijímače. [17]



Obrázek 18. Poloha přijímače vůči dvěma družicím [17]

Takže nyní máme čtyři neznámé souřadnice přijímače X, Y a Z dále časový posun hodin přijímače  $\Delta T$ , ale jen tři měření. Jedinou cestou, jak situaci vyřešit je přidat ještě jedno měření – měřit zdánlivé vzdálenosti přijímače ke čtyřem družicím a řešit pak soustavu čtyř rovnic o čtyřech neznámých. [17]



Obrázek 19. Poloha přijímače vůči třem družicím [17]

$$r_1 = \sqrt{(X - x_1)^2 + (Y - y_1)^2 + (Z - z_1)^2} - c \cdot \Delta T$$

$$r_2 = \sqrt{(X - x_2)^2 + (Y - y_2)^2 + (Z - z_2)^2} - c \cdot \Delta T$$

$$r_3 = \sqrt{(X - x_3)^2 + (Y - y_3)^2 + (Z - z_3)^2} - c \cdot \Delta T$$

$$r_4 = \sqrt{(X - x_4)^2 + (Y - y_4)^2 + (Z - z_4)^2} - c \cdot \Delta T$$

Obrázek 20. Soustava rovnic

Na levé straně rovnic jsou zdánlivé vzdálenosti přijímače k jednotlivým družicím, tak jak byly naměřené.  $X$ ,  $Y$  a  $Z$  jsou souřadnice přijímače, které chceme určit,  $x_i$ ,  $y_i$  a  $z_i$  jsou souřadnice jednotlivých družic v době měření zdánlivých vzdáleností (získáme je výpočtem z údajů obsažených v navigačních zprávách jednotlivých družic),  $c$  je rychlost světla a  $\Delta T$  je známý posun hodin přijímače oproti systémovému času, který chceme rovněž určit. Tyto rovnice musí být vyřešeny simultánně tak, aby přijímač mohl přímo poskytovat výstup v souřadnicích. Poloha je určována v geocentrických souřadnicích, bývá však zpravidla převáděna do geografických souřadnic. Obecně může být poloha převedena do souřadnic prakticky libovolného kartografického zobrazení. [17]

### 4.3 Metody zpřesňování určování polohy

Během návrhu systému GPS se uvažovalo o teoretických metodách zpřesňování polohy. Následně začaly vznikat další nové metody, jakmile byl systém uveden do provozu a zejména, když byl využíván civilními uživateli, kteří do té doby neměli volný přístup k přesné polohové službě. Tyto metody mohou být buďto založeny na zvláštní organizaci a zpracování měření, nebo na využití dalšího externího technického vybavení. V první skupině má místo například průměrování, a do druhé skupiny nepochybně patří diferenční GPS. Počátečním cílem budování a používání těchto systémů bylo pouze zvýšení přesnosti určování polohy. Následovaly aplikace, které přímo souvisely s bezpečností a ochranou majetku v různých odvětvích například bezpečnost lidí v letectví a železniční dopravě. [17]

#### 4.3.1 Průměrování

Vyhodnocení měření přijímači GPS průměrováním bylo vyvinuto již před mnoha lety. Nesporná výhoda tohoto postupu je, že není závislá na dalších zařízeních, jako je potřeba dlouhodobého měření na jednom bodě. Požadujeme-li určení přesné polohy bodu,



musí se provést mnohahodinové měření s frekvencí vzorkování po 1 sekundě a ze zaznamenaných dat se vyhodnotí průměrná hodnota. [17]

#### 4.3.2 Diferenční GPS

Diferenční GPS je založeno na relativním určení polohy. Jde však dál a vytváří nezbytné technické a metodické zázemí pro relativní určení polohy. Výsledkem je významné zvýšení přesnosti během určení polohy v reálném čase. [17]

V běžných případech bylo vyhodnocení diferenčního měření prováděno až dodatečně, z tohoto důvodu nebylo možné měření využít pro potřebu běžné navigace. Nicméně získané zkušenosti natolik prokázali výhody tohoto postupu, že výrobci začali vybavovat své přijímače nezbytnými komunikačními kanály. Nově přidávané komunikační kanály umožňují nahrání korekčních údajů z referenční stanice do přijímače a provádět v reálném čase korekce. Navíc se po celém světě začaly organizovat služby, které provozují sítě referenčních stanic a zajišťující nepřetržité a veřejné vysílání korekčních údajů. Tyto služby vznikaly nejprve v oblasti lodní dopravy podél pobřeží a významných vnitrozemských vodních cest ve Spojených státech amerických, ale dnes se budují i jinde. I když jsou tyto služby primárně určené pro navigaci, lze je dobře použít i pro potřeby mapování. Dalším krokem v rozvoji těchto služeb bylo budování sítí referenčních stanic a nezbytných vysílačů ve vnitrozemí. [17]

V České republice v roce 2004 bylo zahájeno budování nové národní sítě referenčních stanic (Česká permanentní síť pro určování polohy – CZEPOS), která je provozována v rámci resortu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK). Bude složena z referenčních stanic provozovaných rezortem ČÚZK a umístěných na budovách katastrálních úřadů. Do této sítě jsou zapojeny i externí subjekty, které jsou provozovány mimo rezort ČÚZK. Příkladem jsou stanice provozovány akademickými institucemi jako je VUT Ostrava nebo VUT Brno. Celkem by se mělo jednat o cca 26 referenčních stanic (22 resortních a 4 externí). Celá síť je budována jako národní a resortní, nicméně zapadá do rámce celoevropské sítě EUPOS. [17]

Upravené údaje jsou na referenční stanici aktualizovány v intervalech sekund až několika desítek sekund. Platnost údajů je poskytována ve vzdálenosti maximálně prvních stovek kilometrů, v případech přesného měření se udávají první desítky kilometrů,

s narůstající vzdáleností od diferenční stanice klesá i přesnost poskytovaných dat. Nyní již jsou vyvinuty metody, poskytující upřesnění korekcí i na delší vzdálenosti od referenční stanice, jako například nabízí CZEPOS. Na základě získaných dat těmito stanicemi, je možno vypočítat korekce pro prakticky jakékoliv místo v dosahu pokrytí. Data z referenčních stanic jsou přenášena do centra, kde jsou vyhodnocena a poté jsou jednotlivým uživatelům vygenerovány korekce v podobě tzv. virtuálních referenčních stanic. Uživatel má dojem, že v místě, kde je prováděno měření, pracuje skutečná referenční stanice, jejíž korekce využívá pro zpřesnění svých měření. [17]

## **5 POPIS MODELOVÉHO ÚZEMÍ A ZÍSKÁNÍ DAT**

V této části práce se budu zabývat vybranou lokalitou, kde jsem prováděl měření. Konkrétním způsobem, jakým byla výšková data získána a jakým přístrojem jsem prováděl samotné měření. Zároveň si přiblížíme volně dostupná výšková data. Tyto kapitoly slouží k vysvětlení postupu měření a porovnání jednotlivých výsledků, získaných z různých zdrojů s daty přímo měřenými v naší lokalitě.

### **5.1 Zájmové území**

Vybraná lokalita, kde jsem prováděl měření za pomoci GNSS stanice se nachází v katastrálním území Bečov v obci Blatno v nadmořské výšce v rozmezí 620–630 metry nad mořem. Pozemek je již po částečných terénních úpravách, které probíhaly před 3 lety při výstavbě nového rodinného domu. Z tohoto důvodu muselo být provedeno nové měření výškových bodů, jelikož všechna data, která jsou nyní dostupná, nebudou odpovídat stavu, ve kterém se nyní pozemek nachází.

Dotčený pozemek je evidován jako trvalý travní porost o výměře 2250 m<sup>2</sup>. Součástí pozemku je novostavba rodinného domu o zastavěné ploše 133 m<sup>2</sup>.

### **5.2 Získání podkladů pro vizualizaci**

#### **5.2.1 Měřicí stanice řady S-82T od firmy SOUTH Surveying**

Firma SOUTH se zabývá profesionální výrobou (lze říct, že se jedná o jedničku na trhu) a prodejem produktů zeměměřičům (geodetům). Firma SOUTH vyrábí a prodává

přístroje využívající pokročilé zeměměřické technologie GPS RTK, které jsou řazeny mezi nejprodávanejší výrobky na trhu v této kategorii a jsou použity jako součást zeměměřických prací.

Nejnovějším produktem kategorie RTK je právě stanice řady S-82 (Star 82). Počítač Star 82 obsahuje vlastní integrovaný Bluetooth systém, základní desku Trimble – Maxwell 6, interní baterii, integrovanou anténu a radiový přijímač, transportní kufr atd. Rover je zcela integrovaný, pro zajištění práce je tedy nutný pouze ruční ovladač. Jak bylo již řečeno, nejlepší vlastností přístroje je využití technologie GPS RTK, ale pro lepší práci má stanice i výborný rozhled a dobré barvy.

GNSS přijímač S82-T je již přístroj stabilnější, lehké váhy (váží asi 1,2 kg), pomaleji se vybíjí (zajišťuje delší provozní dobu) a má tišší chod. Design přístroje je přizpůsoben odolnosti proti vodě, prachu a otřesům, s tím souvisí i umístění baterie a závesného rádia v dolní části počítače. Je spolehlivý vůči zápisovému poměru a řešení koluze rádia. Design modulu je vytvořen tak, že se vyhýbá anténě a tím zároveň řeší problém s rušením. Dalšími výhodami přístroje pro práci v terénu jsou zejména: profesionální modul, kvalitní obalový materiál a již zmiňovaná vysoká voděodolnost, bezdrátovost, provoz pouze dvěma tlačítky.

Pro zajištění spolehlivého a rychlého přenosu velkého množství dat slouží jak COM port, tak i USB s pamětí 64 MB. Jedná se o vestavěnou paměť, která splňuje požadavek na 80 hodin statického ukládání v intervalu 1 sekundy.

### **Technologické specifikace**

Stabilitu počítače zajišťuje integrovanost veškeré technologie řady S82-T. UHF (Ultra High Frequency) anténa zajišťuje spojení elektromagnetické centrály UHF antény a elektromagnetické centrály dvou frekvenční antény. Může snížit hlučnost a nastavení počítače v době snížení rušení. Přijímač S-82 je ekonomický a spolehlivý v RTK zeměměřičství. Obsahuje stabilní model radio datové komunikace.

### **Počítač Star S-82**

Tvar počítače je zploštělý, hranolový. V přední části se nachází kontrolní panel = displej s tlačítky a světelnými indikátory. Vespodu je umístěna baterie a radiový modul. Rover této části obsahuje vestavěný radiový přijímač a modul GPRS (General Packet

Radio Service – umožňuje přenos dat a připojení k internetu). Tato část má funkci přepínání rozhraní.



Obrázek 21. Počítač Star řady S-82T (rover) [zdroj [www.surveytechtrading.com](http://www.surveytechtrading.com)]

### Spodní rozhraní počítače

Rozhraní počítače je zjednodušeně znázorněno v obrázku níže. Levá strana slouží pro přenos dat, buď přes Bluetooth, připojením počítače, nebo je možné jej využít k připojení ručního přístroje. Pravá strana obsahuje radiový port, k přenosu rádia nebo pro napojení na externí zdroj energie.



Obrázek 22. Star řady S-82T spodní rozhraní (Rover) [zdroj [www.geoobchod.cz](http://www.geoobchod.cz)]

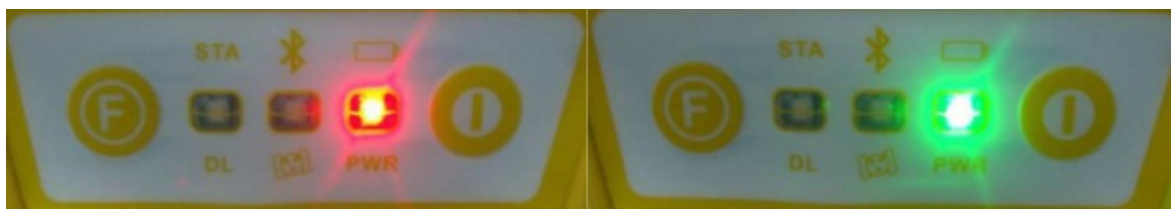
### Světelné indikátory a tlačítka kontrolního panelu



Obrázek 23. Star řady S-82T – Světelné indikátory kontrolního panelu a tlačítka [vlastní zdroj]

Veškeré světelné indikátory se nacházejí na kontrolním panelu. Po rozsvícení mají indikátory barvu buď, zelenou, červenou nebo žlutou (bílou). Zleva doprava jsou zobrazeny indikátor stavu, indikátor bluetooth, indikátor vestavěného napájení, indikátor datového spojení, indikátor satelitu a indikátor externího napájení. Tlačítka potřebná pro funkci přijímače jsou tlačítko F – funkce a tlačítko pro zapnutí přístroje.

Pouze pro příklad barevného rozlišení indikátorů: vlevo svítí indikátor vestavěného napájení, vpravo indikátor externího napájení



Obrázek 24. Barevné rozlišení indikátorů [vlastní zdroj]

Využití světelných indikátorů je následující:

#### *indikátor stavu STA*

Indikátor stavu = indikátor satelitu, indikuje množství zaměřených satelitů, pokud přijímač, který přijímá signály ze satelitů, začne blikat, počet bliknutí světelného indikátoru značí počet zaměřených satelitů

Rozdíl ve využití tohoto indikátoru je:

pokud pracuje ve statickém módu, indikátor značí, zda přijímač zaznamenává nebo nezaznamenává data

pokud pracuje v RTK módu, indikuje, zda modul datového spojení správně funguje

#### *Indikátor Bluetooth*

Indikátor svítí, pokud je k přijímači připojena vybraná ovládací jednotka, mobilní zařízení atd.

#### *Indikátor vestavěného napájení*

Pokud indikátor svítí nepřetržitě, je přívod elektřiny v pořádku. V případě, že indikátor bliká, přístroj má nedostatek elektřiny

#### *Indikátor datového spojení*

Rozdíl v signalizaci tohoto indikátoru je závislý na režimu, ve kterém přijímač pracuje:

pokud pracuje ve statickém módu, indikátor svítí

pokud pracuje v RTK módu, indikuje, zda modul datového spojení správně funguje

#### *Indikátor externího napájení*

Pokud indikátor svítí nepřetržitě, je přívod elektřiny v pořádku. V případě, že indikátor bliká, přístroj má nedostatek elektřiny

#### *Tlačítko $F$ = tlačítko funkce*

Použitím tohoto tlačítka zajišťujeme změnu pracovního režimu, přepínáme rádio a také mód GPRS. Po zapnutí přijímače, počkáme na vstup do normálního stavu a můžeme zvolit datové spojení. Volit můžeme ze tří základních pracovních módů: rover, základní a statický mód.

Dále můžeme volit z třech typů datového spojení: externí rádio, vestavěné rádio nebo GPRS/GSM modul, přičemž vestavěné rádio nemůžeme používat v základním módu, protože slouží pouze pro příjem jiného diferenciálního signálu. Je tedy potřeba v základním módu nastavit, připojit externí přenašeč signálu (rádio).

#### *Tlačítko zapnout = tlačítko $P$*

Tlačítko má několik funkcí. Jedná se o funkci pro zapnutí a vypnutí přijímače, funkci potvrzovací a funkci napájení. Tedy, pokud tlačítko zapneme jednou, přijímač se zapne. Pro vypnutí přijímače musíme tlačítko zmáčknout a držet po dobu alespoň 10 sekund, poté tlačítko pustíme a přijímač se vypne.

V případě, že přijímač nepracuje normálně, lze využít tlačítko P pro automatickou kontrolu pro opravení. Tlačítko P stiskneme a podržíme na dobu delší jak 10 sekund, uslyšíme dlouhé pípnutí a tlačítko pustíme. Právě probíhá automatická kontrola. Další možností, jak spustit automatickou kontrolu přístroje je mačkání tlačítka P po dobu asi 10 sekund, pak začne probíhat automatická kontrola za stálého pípnutí přístroje.

V případě nákupu nového přístroje se doporučuje spustit automatickou kontrolu alespoň jednou.

### **Příprava přístroje pro práci**

Nejprve musíme vložit baterii do prostoru k tomu určenému. Dále stiskneme a podržíme tlačítko P a zároveň F, dokud nezablikají všechny indikátory zároveň, pak teprve tlačítka pustíme. Znovu stiskneme tlačítko F, všechny indikátory se postupně rozsvítí, zvolíme požadovaný indikátor a stiskneme tlačítko P. Tímto, jsme vstoupili do jednoho pracovního módu. Dle toho, do jakého pracovního módu chceme vstoupit, tak volíme požadovaný indikátor.

**Rover mód:** při rozsvícení všech požadovaných indikátorů (postupně se rozsvítí) čekáme, až se rozsvítí zeleně indikátor STA (= indikátor stavu), a stiskneme tlačítko P pro potvrzení vstupu do módu Rover

**Základní mód:** při rozsvícení všech požadovaných indikátorů (postupně se rozsvítí) čekáme, až se rozsvítí zeleně indikátor BT, a stiskneme tlačítko P pro potvrzení vstupu do módu základní

**Statický mód:** při rozsvícení všech požadovaných indikátorů (postupně se rozsvítí) čekáme, až se rozsvítí zeleně indikátor BAT, a stiskneme tlačítko P pro potvrzení vstupu do módu statický

### **Datové spojení**

Při vstupu do normálního módu zmáčkne tlačítko F a držíme do doby, než zazní dvě pípnutí a rozsvítí se zelený indikátor, pak tlačítko pustíme, počkáme několik vteřin a

tlačítko F znovu zmáčkne. Následně se rozblikají tři zelené indikátory jeden po druhém, což je signál pro zvolení daného indikátoru pro dané datové spojení. V základním módu budou blikat zelené indikátory dva, v rover módu budou blikat tři. To znamená, že v základním módu můžeme zvolit pouze dva indikátory, a to externí rádio a GPRS/GSM modul. A ve statickém módu nebude blikat ani jeden zelený indikátor.

#### *Vestavěné rádio*

Zeleně se rozsvítí indikátor DL (= datové spojení), stiskneme tlačítko P pro potvrzení použití vestavěného rádia

#### *Externí rádio*

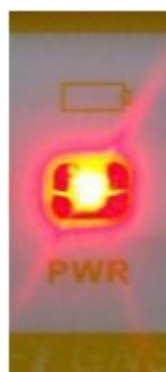
Zeleně se rozsvítí indikátor BAT, stiskneme tlačítko P pro potvrzení použití externího rádia

#### *GPRS/GSM modul*

Zeleně se rozsvítí indikátor SAT (= indikátor stavu), stiskneme tlačítko P pro potvrzení použití GPRS/GSM modulu

V průběhu práce máme možnost provést kontrolu datového spojení a pracovního módu, tak že jednou stiskneme tlačítko F a nabídne se nám šest typů stavů.

Statický mód – stisk tlačítka F, červeně rozsvícený indikátor dle obrázku = přístroj je ve statickém módu



Obrázek 25. Statický mód [vlastní zdroj]

Základní mód s externím rádiem – stisk tlačítka F, dva rozsvícené indikátory dle obrázku = přístroj je v základním módu s externím rádiem





*Obrázek 26. Základní mód s externím rádiem [vlastní zdroj]*

Základní mód s GPRS/GSM modulem – stisk tlačítka F, rozsvícený indikátor dle obrázku = přístroj je v základním módu s GPRS/GSM modulem



*Obrázek 27. Základní mód s GPRS/GSM modulem [vlastní zdroj]*

Rover a vestavěné rádio – stisk tlačítka F, rozsvícený indikátor dle obrázku = přístroj je v módu rover s vestavěným rádiem



*Obrázek 28. Rover a vestavěné rádio [vlastní zdroj]*

Rover a externí rádio – stisk tlačítka F, rozsvícený indikátor dle obrázku = přístroj je v módu rover s externím rádiem



Obrázek 29. Rover a externí rádio [vlastní zdroj]

Rover a GPRS/GSM modul – stisk tlačítka F, rozsvícený indikátor dle obrázku = přístroj je v módu rover s GPRS/GSM modulem



Obrázek 30. Rover a GPRS/GSM modul [vlastní zdroj]

### **Nastavení zakázky před samotným měřením**

Před samotným měřením je potřeba v programu SurvCE 5 připravit zakázku pro měření. Při spuštění tohoto softwaru se objeví dotaz, zda chceme založit novou zakázku nebo pokračovat v zakázce starší. Zvolíme tedy zakázku novou, pro nové měření. Zakázky je možné ukládat podle názvů a třídit do adresářů a podadresářů dle potřeby uživatele. Prvním krokem je tedy založení nové zakázky a její pojmenování. Dalším důležitým krokem je nastavení zakázky. Nastavení může proběhnout dvěma způsoby. Buď automaticky, nebo prostřednictvím listu „SOUBOR“, kde musíme zvolit „NASTAVENÍ ZAKÁZKY“. Důležitým krokem je vyškrtnutí nebo naopak zaškrtnutí políčka „DOTAZ NA JEDNOTKY“, je to z toho důvodu, že v případě pracuje-li s přístrojem více uživatelů, při zaškrtnutí tohoto políčka je možné změnit zakázku prostřednictvím jiného uživatele. Je tedy lepší se tomuto políčku vyhnout, nezaškrtnout ho.

Další pozornost je potřeba věnovat listu „SYSTEM“. Pro měření je potřeba mít nastavený systém v souřadnicích JTSK, konkrétně CZECH/Křovák-JTSK. Pokud bychom chtěli měřit v jiné zemi, je potřeba mít v systému nahranou souřadnicovou mřížku. V záložce „FORMÁT“ nastavíme pořadí zobrazení souřadnic, což je pro náš případ Y a X souřadnice.

Další záložkou potřebnou k nastavení zakázky pro měření je záložka „VOLBY“. Pro naše měření pomocí GNSS je důležité zaškrtnout políčko „ULOŽ ČAS U KAŽDÉHO BODU“ a políčko „ULOŽ GPS PŘESNOST DO SOUBORU RAW“.

Užitečným pomocníkem je použití kódovací tabulky pro popisky tak, aby kódování probíhalo rychleji a my se tím vyvarovali chyb. Položky jako je „ULOŽENÍ MAPY, AUTOMATICKÉ NAČTENÍ MAPY“ atd. nejsou pro běžnou práci nijak důležité.

Potřebnou položkou, kterou naopak výrobce doporučuje označit a využít je „UKAŽ VOLBY .dxf/.dwg IMPORTU“. Při importu výkresu s příponou .dxf nebo .dwg je možné importovat i popisnou část výkresu a v terénu tak pracovat i s textem (například parcelní čísla, čísla popisná a evidenční, místní a pomístní názvosloví ...). Doporučenou položkou je možnost přeskočení na další bod, po vytyčení bodu dojde k automatickému nastavení na následující vytyčovaný bod. Důležité je nezaškrtnout poslední dvě položky, které by způsobily, že soubor dat bude vytvářen bez pomlček a existují programy, které s ním pak nebudou dále umět pracovat.

Poslední záložkou je „VYTYČOVÁNÍ“. v této záložce je důležité zaškrtnout položku „ULOŽIT DATA v pozn. SOUBORU“, tedy aby v souboru byly ukládány souřadnice vytyčených bodů s přesností nejlépe na dvě nebo tři desetinná místa, dle potřeby. Dále je potřeba v automatickém popise nastavit Prefix-STK, což je vytyčovaný bod.

### 5.2.2 Měření pomocí GNSS stanice

K měření výškových bodů byla využita GNSS stanice South S82-T. Během měření byla dodržována základní pravidla k eliminování chyb při zaznamenávání bodů. GNSS stanice pracuje nejpřesněji, pokud signál směřující k samotné stanici není stíněn překážkami, jako jsou stromy, budovy, vedení elektrické energie. Nepřesnosti mohou být také způsobeny odraženým signálem od zaparkovaného automobilu u místa měření, nebo

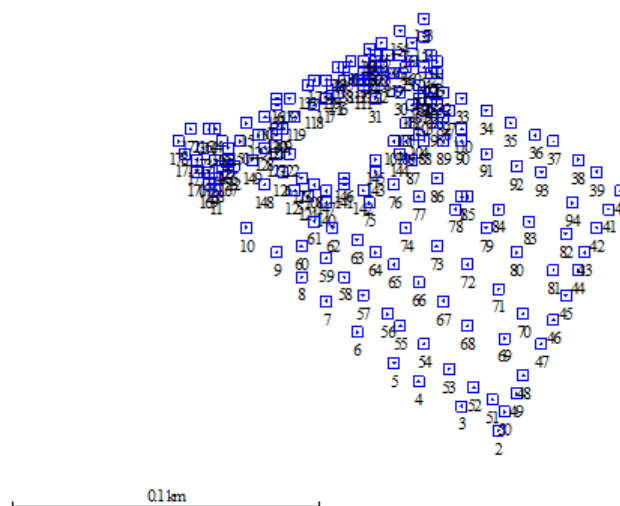
nabitými částicemi v atmosféře před a po každé bouři. To že bude během měření jasné počasí bez jediného mráčku, nám nemusí zajistit ideální podmínky pro měření. Naše měření může být ovlivněno slunečním větrem. Sluneční vítr je proud nabitých částic ze Slunce. Intenzitu tohoto záření můžeme zjistit na stránkách „[www.swpc.noaa.gov](http://www.swpc.noaa.gov) Space Weather Prediction Center“, kde je tato aktivita monitorována a zaznamenávána.

V případě měření v zájmovém území, byla tyto základní pravidla dodržena. Měření bylo prováděno na volném prostranství, příjmu signálu z družic nebránily žádné překážky, jako jsou obytná stavení. Jedinou stavbou na pozemku je jednopodlažní budova, která nepředstavovala nepřekonatelnou překážku v získání požadovaného signálu. Překážku nepředstavovaly ani stromy. Všechny stromy na pozemku byly vykáceny již před zahájením stavebních prací na novém rodinném domě. K zaznamenání polohy je potřeba, aby byla stanice spojena minimálně se čtyřmi satelity. Přesnost tohoto měření závisí na kvalitě signálu a počtu spárovaných satelitů. Během měření byla stanice spojena minimálně s 5 satelity a nedocházelo k výrazným výkyvům signálu či výpadku satelitů během měření.

Pozice měřených bodů byla zvolena v závislosti na tvaru a členitosti terénu. Výsledkem měření bude polyedrický model terénu, kde je menší hustota bodů v části pozemku, která nemá tak výrazné změny v terénu, naopak v místech, kde byla hustota měřených bodů větší, jsou svahy kolem rodinného domu.

### **5.2.3 Výsledek měření**

Jak je vidět na obrázku hustota bodů pořízených během měření kopíruje členitost terénu. [Obrázek 31] V místech s menšími nerovnostmi je hustota menší a v místech s výraznou členitostí je hustota bodů větší. V místě, kde měření terénu nebylo možné je podle schéma pořízeného v protokolu vidět mezera, v tomto prostoru se nachází rodinný dům.



Obrázek 31. Schéma rozložení měřených bodů [vlastní zdroj]

Tabulka 3. Informace o observacích [vlastní zdroj]

ID	stanoviště	Šikmá v. antény	Poloměr antény	Svislá v. antény	Čas začátku	Čas konce	Jméno souboru
1	104	0.000	0.000	0.000	3:33:06	14:10:14	xxxxxxxxx.zzz
2	1	0.000	0.000	2.270	3:33:06	3:33:11	xxxxxxxxx.zzz
3	2	0.000	0.000	2.270	3:35:17	3:35:22	xxxxxxxxx.zzz
4	3	0.000	0.000	2.270	3:35:57	3:36:02	xxxxxxxxx.zzz
5	4	0.000	0.000	2.270	3:36:16	3:36:21	xxxxxxxxx.zzz
6	5	0.000	0.000	2.270	3:36:32	3:36:37	xxxxxxxxx.zzz
7	6	0.000	0.000	2.270	3:36:54	3:36:59	xxxxxxxxx.zzz
8	7	0.000	0.000	2.270	3:37:11	3:37:16	xxxxxxxxx.zzz
9	8	0.000	0.000	2.270	3:37:33	3:37:38	xxxxxxxxx.zzz
10	9	0.000	0.000	2.270	3:37:50	3:37:55	xxxxxxxxx.zzz

Tabulka 4. Měřené vektory [vlastní zdroj]

ID Vektoru	Analýza			
	SV	PDOP	kvality	Řešení
<b>0104-1</b> 21.1.2015 3:33	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-2</b> 21.1.2015 3:35	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-3</b> 21.1.2015 3:35	7	2.7	OK	Fixovaný

<b>0104-4</b> 21.1.2015 3:36	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-5</b> 21.1.2015 3:36	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-6</b> 21.1.2015 3:36	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-7</b> 21.1.2015 3:37	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-8</b> 21.1.2015 3:37	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-9</b> 21.1.2015 3:37	7	2.7	OK	Fixovaný
<b>0104-10</b> 21.1.2015 3:38	7	3.8	OK	Fixovaný

Tabulka 5. Měřené body [vlastní zdroj]

Jméno	Složky	Souřadnice	chyba	Stav výpočtu
1	Délka	13° 20' 38.51538" E	0.033	Spočítaný
	Šířka	50° 30' 27.97127" N	0.036	Spočítaný
	Elips. výška	667.677 m	0.008	Spočítaný
2	Délka	13° 20' 38.88003" E	0.045	Spočítaný
	Šířka	50° 30' 26.74396" N	0.042	Spočítaný
	Elips. výška	666.059 m	0.009	Spočítaný
3	Délka	13° 20' 38.54165" E	0.039	Spočítaný
	Šířka	50° 30' 26.86874" N	0.043	Spočítaný
	Elips. výška	666.552 m	0.008	Spočítaný
4	Délka	13° 20' 38.22178" E	0.044	Spočítaný
	Šířka	50° 30' 26.98541" N	0.039	Spočítaný
	Elips. výška	667.053 m	0.008	Spočítaný
5	Délka	13° 20' 38.00802" E	0.044	Spočítaný
	Šířka	50° 30' 27.06270" N	0.039	Spočítaný
	Elips. výška	667.682 m	0.008	Spočítaný

6	Délka	13° 20'	37.69441" E	0.037	Spočítaný
	Šířka	50° 30'	27.24225" N	0.044	Spočítaný
	Elips. výška		668.687 m	0.008	Spočítaný
7	Délka	13° 20'	37.44370" E	0.043	Spočítaný
	Šířka	50° 30'	27.38470" N	0.040	Spočítaný
	Elips. výška		669.284 m	0.008	Spočítaný
8	Délka	13° 20'	37.20515" E	0.040	Spočítaný
	Šířka	50° 30'	27.52606" N	0.044	Spočítaný
	Elips. výška		670.256 m	0.008	Spočítaný
9	Délka	13° 20'	37.00438" E	0.037	Spočítaný
	Šířka	50° 30'	27.63406" N	0.046	Spočítaný
	Elips. výška		671.081 m	0.009	Spočítaný
10	Délka	13° 20'	36.74424" E	0.045	Spočítaný
	Šířka	50° 30'	27.78199" N	0.035	Spočítaný
	Elips. výška		672.116 m	0.008	Spočítaný

Finální přepočítané hodnoty, které obsahují souřadnice v osách X a Y. Zároveň je zde zobrazena výška přepočítána dle platného výškového systému BPv. [Tabulka 6]

Tabulka 6. Seznam definitivních souřadnic [vlastní zdroj]

Číslo bodu	Y	X	H (Bpv)
1	812056.189	985739.437	622.487
2	812054.797	985778.007	620.869
3	812060.808	985773.192	621.362
4	812066.495	985768.679	621.862
5	812070.299	985765.684	622.491
6	812075.573	985759.269	623.496
7	812079.793	985754.174	624.093
8	812083.782	985749.148	625.065
9	812087.190	985745.253	625.890
10	812091.569	985739.963	626.925

### 5.3 DMT vytvořený podle vrstevnic

Další způsobem, kterým lze vytvořit digitální model terénu je podle vrstevnic. Vrstevnice je křivka, která na mapě spojuje všechny body se stejnou nadmořskou výškou. Jelikož zájmové území je v nadmořské výšce mezi 620 a 630 metry nad mořem, budou na

požadovaném prostoru minimálně čtyři vrstevnice. Tyto vrstevnice lze získat přes [geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz) kde jsou vedeny vrstevnice po dvou metrech. K vytvoření DMT byl využit program ArchiCAD. Postup prací při vytváření DMT je popsán v následující kapitole, která je zaměřena na tvorbu DMT.

## **6 TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU**

V následující kapitole je podrobněji rozepsáno, jaké programy byly využity pro tvorbu digitálního modelu terénu. Pracovní postup pro jednotlivé způsoby zpracování získaných dat a taktéž dodatečné nástroje dostupné v samotném Archicadu či z volně dostupných externích zdrojů.

### **6.1 ArchiCad**

Společnost Graphisoft měla již od začátku vývoje ArchiCADu záměr vytvořit program pro architekty a projektanty, který by pouze nenahradil rýsovací prkno, ale i rozšířil možnosti v souvislosti s vývojem výpočetní techniky a zefektivnil tak navrhování budov. ArchiCAD dnes užívají jak studenti stavebních oborů, tak i zkušení projektanti a architekti. Usnadňuje práci architekta a projektanta i spolupráci jednotlivých profesí díky možnostem tzv. virtuálního 3 D modelu budovy (BIM = Building Information Modeling) a parametrickým objektům. ArchiCAD byl v zásadě prvním výrazným úspěchem firmy Graphisoft. Jeho zavedení, a tedy i uvedení Informačního modelu budovy do praxe se datuje do roku 1987. ArchiCAD je od té doby vlajkovým produktem Graphifoftu. První verze ArchiCADu umožňovala architektům kreslit stěny, okna, dveře, desky a střechy – tyto funkce dodnes zůstávají základem každého BIM architektonického softwaru. Následující verze ArchiCADu postupně představily další možnosti BIM modelování. Mimo jiné například TeamWork, který umožňuje pracovat paralelně několika architektům a profesím na jednom modelu. [19]

ArchiCAD je především určen architektům a projektantům, kteří se soustředí na stavební průmysl. Předností Archicadu je všestrannost, pro každého, kdo ho využije ke své práci je to nástroj pro navrhování, projektování a zároveň i k simulaci. Umožňuje zároveň práci ve 2D, z větší části využívané v úvodních pracích při projektování, ale zároveň



dokáže celý projekt převést do 3D modelu. Nejen tímto zefektivňuje práci při vytváření dokumentace. [19]

V ArchiCadu se místo práce s jednotlivými čarami, elipsami či oblouky pracuje rovnou s celými prvky. To znamená, že místo soustavy čar tvoříme rovnou celé zdi, schodiště, stropy, střechy atd. Virtuální koncept budovy či pozemku ušetří čas, který je nutný k dokončení ostatních nutných dokumentů či výkresů. Veliký důraz kladla společnost Graphisoft na 2D výměnu dat a podporu dalších CAD formátů. ArchiCad dokáže zapsat DXF/DWG formát obsahující výkresový i modelový prostor. Uživatel má možnost nastavit přesná pravidla pro konverzi jednotlivých objektů včetně jejich parametrů. Případné kolize během konverze mezi jednotlivými formáty jsou eliminovány na minimum. Není problém importovat nebo exportovat DWG formát do formátu DGN, který je využíván v programu MicroStation. [19]

Data získaná během měření, mohou být nyní zpracována dle uvážení rovnou v lokalitě, kde měření probíhá. Jelikož jsou všechna potřebná data zpracována takřka ihned a souřadnice x, y, z potřebné k realistickému zobrazení terénu mohou být exportovány v podobě .TXT souboru rovnou do počítače, kde se všechny souřadnice načtou, lze tedy ihned porovnat výsledný terén s daty, které lze získat zakoupením od Katastrálního úřadu. Proces importování dat do Archicadu je přesný a rychlý, výsledky měření mohou být ihned zkontrolovány jak ve formě 3D pohledu, tak i ve 2D. Jakmile je síť s terénem importována do Archicadu lze jednotlivé body modifikovat a upravovat dle libosti. Vizualizace terénu a vytvoření přesného modelu terénu je nyní doslova otázka jednoho kliknutí. [19]

### **6.1.1 BIMTech Tools**

Jako doplňkový produkt byl zvolen BIMTech Tools od společnosti BIM Technology s.r.o., jedná se o freeware doplněk obsahující produkty jednotlivých společností, které produkují stavební materiál pro stavebnictví. Tento prvek využijí v hojné míře projektanti, kteří mají k dispozici celý vyráběný sortiment materiálů včetně jejich vlastností. Příkladem je společnost Heluz, která má u svých materiálů uvedenou energetickou analýzu prostupu tepla. Lze také využít automatické popisy skladeb zdi, aniž by se trávily hodiny hledáním správného omítkového systému, výkazy hmot atd. Pro naše účely byl využit doplněk, který dokáže vygenerovat aktuální katastrální mapu

v jakékoliv lokalitě v České Republice. Nejen že lze do projektu vložit hranice pozemků včetně popisu parcel, ale zároveň je možné do projektu vložit základní rastrový model s výškovými body. Pro prvotní účely, kdy je jakýkoliv projekt ve fázi plánování je tato funkce více než dostačující. Samozřejmě jedná se jen o hrubá data, k vytvoření hrubého odhadu přesunu hmot nám tento nástroj stačí. Požadujeme-li přesné údaje, je nutné si terén zaměřit. [20]

## **6.2 DMT podle vrstevnic**

Důležité potřebné údaje k vytvoření digitálního modelu podle vrstevnic lze získat z portálu „[geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz)“. Aplikace umožňuje pracovat s mapou, prohlížet služby založené na prostorových datech, vyhledávat geografické objekty, spravovat a zpřístupňovat mapové kompozice. S klientem lze pracovat jako přihlášený nebo nepřihlášený uživatel. Na základě konfigurace klienta mohou být dostupné nástroje různým uživatelům.

### **6.2.1 Tvorba DMT dle vrstevnic**

Ke zpracování DMT podle vrstevnic terénu jsou potřeba přesné rozměry požadované lokality. Není nutné přepisovat jednotlivé souřadnice bodového pole, ani tvorby spojnic, které určují, jaké body a jaké typy hran mají být spojeny. K zahájení prací jsou nutné jen dvě věci. Nainstalovaný ArchiCad s podporou BIM doplňků a již výše zmíněný BIMTech Tools od společnosti BIM Technology s.r.o.

Prvním krokem je vložení ortofota s vyznačenými vrstevnicemi přes žádané území. Podmínkou je aktuálnost pořízených snímků dostupných na již zmíněném portálu „[geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz)“. Kontrola roku pořízení snímků je jednoduchá, během prohlížení ortofoto snímků lze zapnout funkci „Podpora časové značky WMS (TIME)“, touto funkcí se otevře možnost přepínání snímků dle data pořízení. Dostupné snímky pro zvolenou lokalitu byly v rozmezí let 1998–2017. Kvalita dostupných snímků závisí na roku pořízení. Pro naše účely byla zvolena aktuální verze snímků pořízená mezi lety 2016–2017 s vloženými funkcemi prohlížečské služby WMS ZABAGED, která vygenerovala vrstevnice přes naše území.



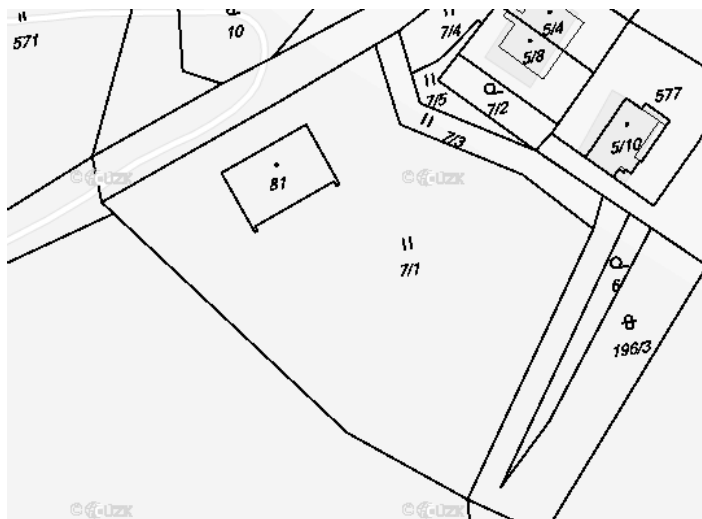
Obrázek 32. Ortofoto s vloženými vrstevnicemi [8]

Druhým krokem je vložení katastrálních dat z doplňku BIMTech Tools, který máme dostupný v ArchiCadu. Práce s nově získanými funkcemi je jednoduchá, stačí jen kliknout na ikonu znázorňující mapu „BIMTech Katastrální mapy“



Obrázek 33. Nástrojová lišta BIMTech Tools [vlastní zdroj]

Do projektu je možné vložit samotná katastrální data. Rozsah vložených dat je limitován výřezem nebo je omezen na velikost celého katastrálního území. Další funkcí je vložení terénních dat přímo do námi vybraného výřezu s katastrálními daty. Tyto terénní data obsahují výškové body ve formě rastru. Našemu záměru bude stačit vložení samostatných katastrálních dat bez výškového rastru.



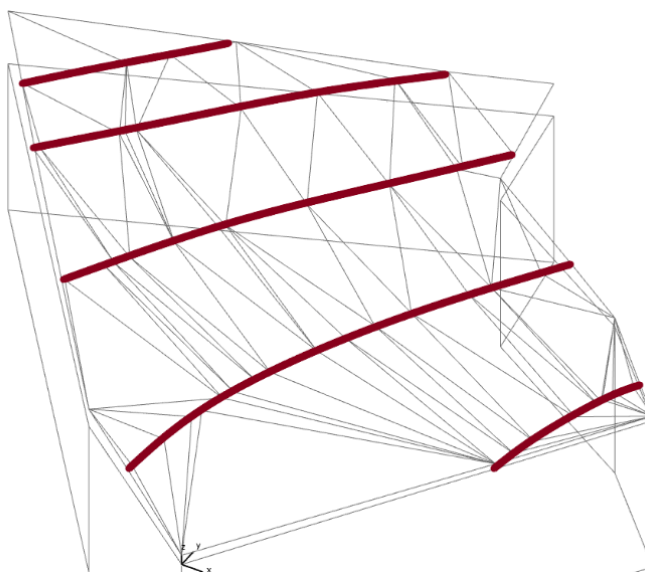
Obrázek 34. Katastrální data z BIMTech Tools [vlastní zdroj]

Do novějších verzí ArchiCadu je možné vložit celý výkres z projektu ve formátu .pdf s vektorovou podporou. Možnost vložení projektu s vektorovou podporou, usnadní práci během přibližování a oddalování na pracovní ploše. Zmizí nevyžádané šumy a stínění rušivými elementy z .pdf (šrafy či popisy ve výkresu). K našemu záměru postačí vložení obrázku z ortofota s vrstevnicemi ve formátu .jpg. Následně proložíme vložená katastrální data a ortofoto s vrstevnicemi. Na obrázku se zvýrazněna vložená hranice pozemku z doplňku BIMTech Tools, jako pozadí je zvoleno ortofoto s vrstevnicemi.



Obrázek 35. Proložené ortofoto s katastrálními daty [vlastní zdroj]

V této fázi je možné začít s prací v ArchiCadu. Jako první musíme definovat pracovní oblast pomocí nástroje „Sít“. Vyneseme hranice pozemku, po uzavření výchozího a konečného bodu se objekt uzavře a může se postupovat dále. Dalším nástrojem „Křivka“ budeme kopírovat pozici jednotlivých vrstevnic, jakmile jsou všechny křivky na vrstevnicích hotové, musí se transformovat do již hotové sítě kopírující hranice pozemku. Užitím další funkce „Vytvořit obrys pomocí kouzelné hůlky“ se křivka zakomponuje do sítě pozemku. Nyní, když jsou křivky převedeny do sítě, je možné nastavit jednotlivým vrstevnicím výškové hodnoty. Všechny vrstevnice mají rozestup 2 m. K nastavení výšky stačí dvojklikem kliknout na vrstevnici a zadat výškovou hodnotu, tato hodnota lze aplikovat na všechny body vrstevnice, což usnadní a zrychlí práci v rozsáhlejších projektech. V níže zobrazeném obrázku jsou zvýrazněné vrstevnice s nastavenou výškou v rozmezí od 622 m nad mořem v jižní části DMT až po 628 m nad mořem v severní části DMT. Hranice DMT kopírují katastrální data vložená do ArchiCadu. Obrázek 36



Obrázek 36. Síťový model dle výšek vrstevnic [vlastní zdroj]

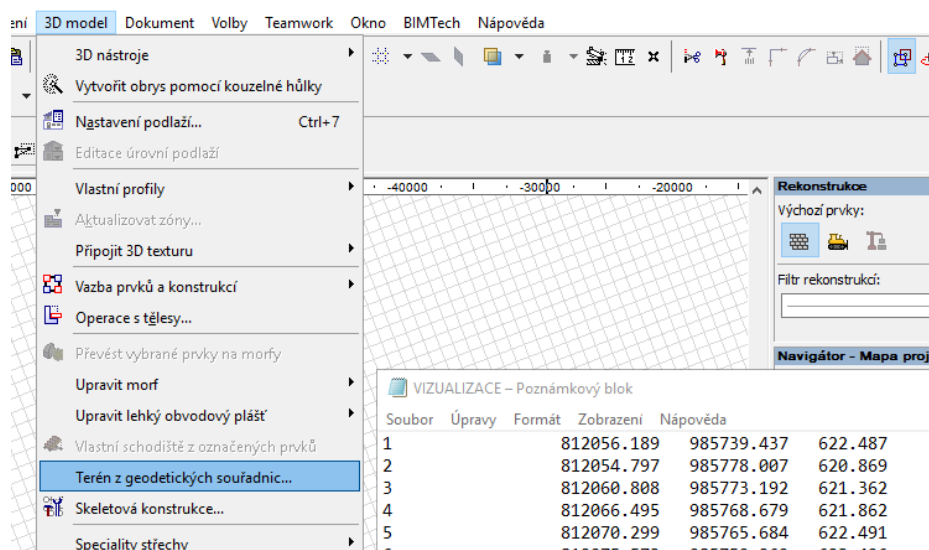
### 6.3 Tvorba DMT podle souřadnic z měření pomocí GNSS stanice

Data potřebná k vytvoření digitálního modelu terénu podle souřadnic získaných z GNSS stanice, nelze získat jako v předchozím případě z volných zdrojů. Každá data získaná měřením jsou jedinečná. Nikdy nenastanou identické podmínky během měření,

aby všechny body měly identické hodnoty včetně odchylek s předchozími měřeními. Z tohoto důvodu je každé měření jedinečné a záleží jen na uživateli, jaké požaduje přesnosti a hustotu bodů. Jako první, co je potřeba, jsou geodetická data. Tyto data jsou v .txt formátu ihned k dispozici po skončení měření, které bylo provedeno stanicí South S-82T. Vzhledem k tomu, že je tato stanice v nepřetržitém kontaktu s družicemi, které konstantě vysílají přesné údaje o poloze, zároveň jsou výšková data přepočítána podle referenční stanice, která je v dosahu měření, máme tudíž k dispozici přepočítané výškové hodnoty na základě výškového systému používaného v zemi kde měření probíhá. Česká republika je napojena na baltský vyrovnávací systém, jehož výchozím bodem s nulovou nadmořskou výškou je na břehu Baltského moře Kronštat.

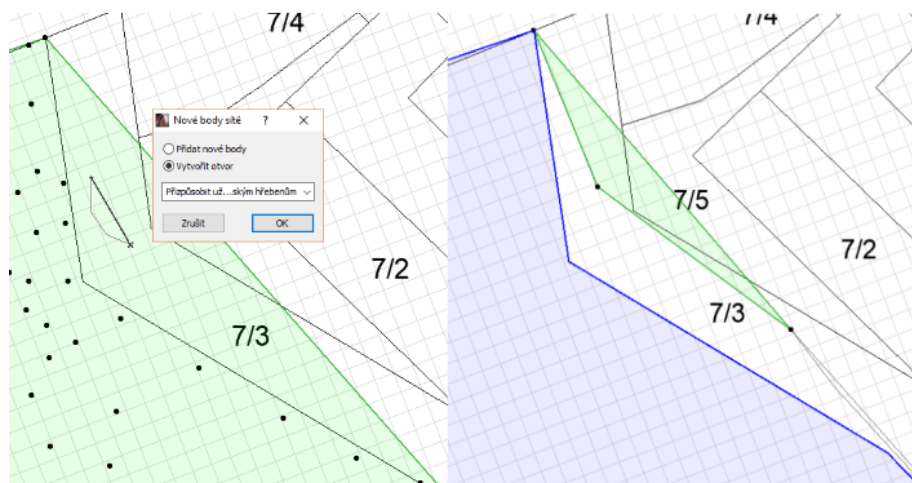
### **6.3.1 Tvorba DMT podle geodetických dat**

Získaná souřadnicová data obsahují tři základní zeměpisné souřadnice. Zeměpisná šířka, což je úhlová vzdálenost od rovníku, hodnota na rovníku je rovna nule. Zeměpisná délka, která představuje úhlovou vzdálenost od nultého poledníku, nacházejícího se v Greenwich ve Velké Británii. Hodnota zeměpisné délky na tomto poledníku je také rovna nule. Nadmořské výška je přepočítána referenční stanicí. Potřebná souřadnicová data lze načíst pomocí nástroje „Terén z geodetických souřadnic...“, který se najde v horní liště nástrojů v poli „3D model“.



Obrázek 37. Vložení geodetických souřadnic [vlastní zdroj]

Vložené souřadnice jsou nyní v hrubé formě, v tomto bodě jsou mezi sebou spojeny i body, které nejsou vhodné pro vykreslení reálného tvaru terénu. V této chvíli nám drobná odchylka, která se projeví, jakmile zobrazíme DMT ve 3D, nevadí. V této části je postup takřka totožný s předchozí kapitolou, kdy je nutné vložit katastrální data pomocí nástroje „BIMTech Katastrální mapy“. Důležité jsou hranice pozemku, podle kterých musíme vložené souřadnice natočit a posunout tak, aby následné zobrazení co nejvíce odpovídalo reálnému terénu. Již během měření, se musí postupovat tak, aby získané souřadnice vyhovovali následnému využití. Na začátku měření byly naměřeny body přesně na rohu parcely a na jižní hranici, podle níž byla celá bodová síť zarovnána. Nyní lze model upravit a nevhodné spojení odebrat. K operaci byl využit opět nástroj „Síť“. Druhou funkcí nástroje je vytvoření libovolného obrazce, který požadujeme z vloženého terénu odebrat. Příklad nevhodně spojených bodů na obrázku [Obrázek 38]. Vlevo na obrázku je zobrazen DMT s nevhodně spojenými body zasahujícími do okolních pozemků, které nebyly předmětem měření a rozpracovaným oříznutím pomocí nástroje „Síť“. V tomto případě byl vytvořen objekt, který se vyřízne do aktuálního zobrazení DMT, čímž se oddělí nevhodná část DMT, jak lze vidět na obrázku vpravo. Zde je žádaná část DMT zobrazena modrým polygonem a část, která lze nyní odstranit je zobrazena zeleným polygonem. Obrázek 38



Obrázek 38. Oříznutí nevhodných spojení v DMT [vlastní zdroj]

Výsledný DMT kopíruje katastrální data vložená do ArchiCadu. DMT z předchozí kapitoly, který byl vytvořen podle výšek vrstevnic má tedy shodné hranice s DMT vytvořeným podle naměřených dat z GNSS stanice.

## 6.4 Finální terénní úpravy

V této kapitole se bude vycházet z již vytvořeného DMT podle naměřených souřadnic z GNSS. Model bude upraven do finální podoby tak, abychom získali data k plánovanému přesunu hmot. Nyní je na pozemku postaven rodinný dům a terénní úpravy jsou z části hotové. Zbývá přesunout nemalé množství zeminy pod budoucí terasu u domu. Toto porovnání změny v celkovém objemu hmoty u jednotlivých DMT bude přiblíženo v následující kapitole. Pro úpravu pozemku do finální budoucí podoby se vycházelo z DMT naměřeného během měření pomocí GNSS stanice. Tento model byl zvolen proto, že je nejpodobnější reálnému stavu terénu. Zároveň se vycházelo již z upraveného modelu, který byl přizpůsoben a ořezán, aby přesně kopíroval katastrální data použita v předchozích modelech.

### 6.4.1 Úprava DMT podle geodetických souřadnic

Upravit model terénu do požadovaného tvaru lze více způsoby. Buď se budou využívat stávající body se kterými se nebude hýbat v osách x ani y, ale bude se u nich měnit jen výška v ose z. Uvedený způsob by vyžadoval hodně času, jelikož měření pozemku neprobíhalo rastrovou metodou, kdy by všechny sousedící body byly od sebe stejně vzdáleny. Zároveň nebylo provedeno v takové hustotě bodů, kdy by přibližné polohy



bodů vyhovovaly k následné úpravě touto metodou. Nebo si do stávajícího modelu přidáme nové body jednotlivě nebo hromadně. Vložení nových bodů je vhodnější, jelikož nový bod si vygeneruje nadmořskou výšku v poloze, kde byl přidán do stávajícího modelu nebo využijeme hromadného vkládání bodů pomocí přímek či křivek, které se zakomponují do stávajícího digitálního modelu. Tato možnost je z pohledu následné úpravy terénu rychlejší. Hodnota výšky lze upravovat jednotlivě jako při úpravě vložených dat či úpravě vložených samostatných bodů. V neposlední řadě lze výškové hodnoty upravit hromadně na křivce i přímce, která je do modelu zakomponována což je v tomto případě úprav modelu terénu žádáno. Zmíněný postup práce byl využit již při vytváření DMT podle vrstevnic.

V následujícím kroku byly vytvořeny polygony, které zahrnují oblast zájmu pro terénní úpravy:

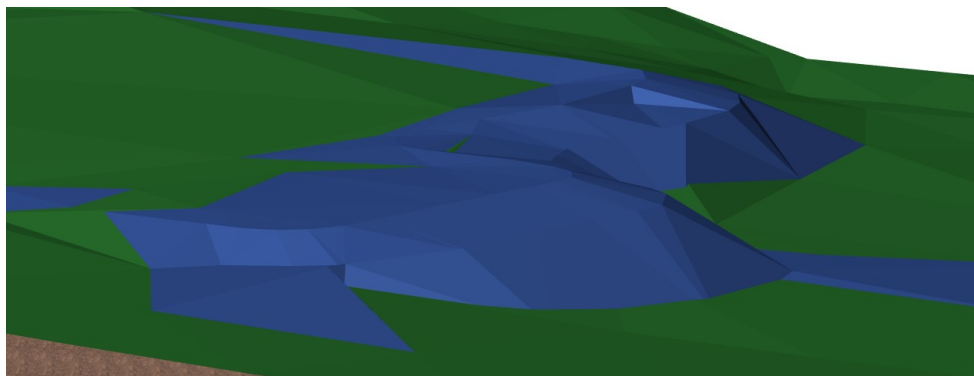


Obrázek 39. Oblasti, kde bude probíhat úprava terénu [vlastní zdroj]

### 1. Vytvoření náspu pod budoucí terasou:

Pro dotčenou oblast byla vytvořena křivka, která byla zakomponována do DMT. V této oblasti je potřeba vytvořit násyp pod budoucí terasou. Výškové body v křivce byly nastaveny hromadně, protože je zamýšlen prostor pod terasou, který bude v rovině. Zbylé okolní body, které byly výrazně ovlivněny změnou byly upraveny manuálně, každý zvlášť. Níže je zobrazena vizualizace terénních úprav, jejíž úkolem bylo srovnání povrchu pod budoucí terasou. [Obrázek 40] Zelenou barvou je znázorněn původní terén. To znamená, že terénní úpravy by se neměly týkat této části pozemku, jelikož obsahuje navážku zeminy

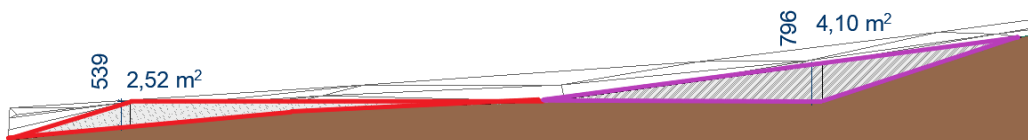
z jiného místa. Rozsah prací bude vyčíslen v kapitole, která porovnává původní terén pořízený měřením GNSS stanice South S-82T s terénem, který bude upraven podle požadavků. Záměrně byl k vizualizaci části terénních úprav vybrán pohled, na němž se prolínají dva digitální modely. Jelikož je část pozemku pod terasou členitější, není možné reprezentovat změnu jednoduchým řezem jako ve zbylých dvou úpravách týkajících se parkoviště a srovnání jižní části pozemku.



Obrázek 40. Vizualizace terénních úprav oblast 1 [vlastní zdroj]

## 2. Srovnání části pozemku v jižní části do roviny:

Každý, kdo žije v domku, uvažuje jistě o tom, že si vytvoří záhonek. Jižní část pozemku má nejmenší výškové rozdíly, proto byla vybrána k účelu užitkové zahrady. Jelikož je pro tento účel potřeba co největší část pozemku, nebylo by vhodné vybírat pozemek s razantním převýšením. Jednak z pohledu náročnosti terénních prací, ale také z finančního hlediska. Níže je zobrazen referenční řez vedený prostředkem upravovaného území. [Obrázek 41] Červeně označený polygon reprezentuje část, která by se měla zavést zeminou. Fialově označený polygon reprezentuje část, která by se měla odebrat terénní úpravou. Odebraná zemina z horní části bude bez problému pokrývat požadavky na dosypání v druhé polovině území.

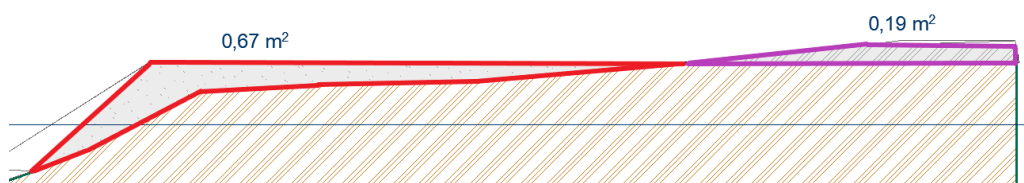


Obrázek 41. Řez terénními úpravami oblast 2 [vlastní zdroj]

## 3. Vyrovnání pozemku pro parkoviště v severní části pozemku:

Poslední oblast byla vybrána pro parkoviště. K tomuto účelu není vhodná jakákoliv část pozemku, protože musí splňovat pár základních požadavků. Jedním nich je přístup

z cesty, ve vlastnictví státního pozemkového úřadu. Zároveň musí být v dosahu rodinného domu. Níže je zobrazen řez touto oblastí. [Obrázek 42] Pro jednoduchou orientaci fialový polygon reprezentuje část zeminy, která se musí odebrat a červený polygon reprezentuje část kam se zemina musí navézt. Z velikosti ploch lze poznat, že objem přesouvaných hmot nebude veliký a tím pádem i terénní práce na této části pozemku budou v menším rozsahu. V porovnání s předchozími úpravami je tato, co se týče přesunu hmot a pracnosti zanedbatelná. Časová náročnost terénních prací je odhadována na pár desítek minut.



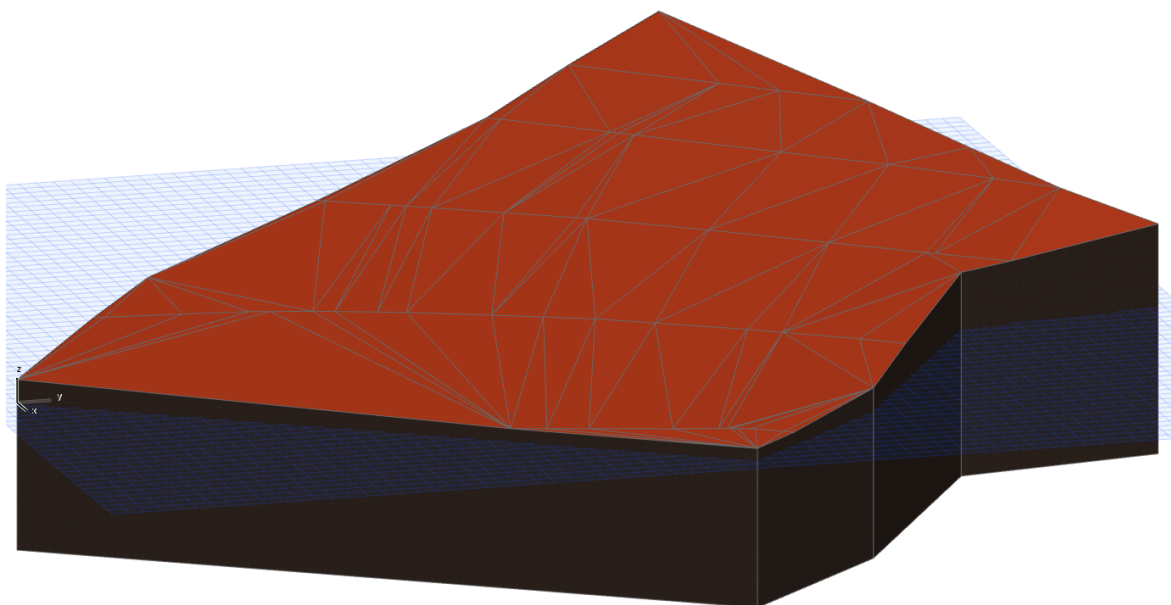
Obrázek 42. Řez terénními úpravami oblastí 3 [vlastní zdroj]

## 6.5 Porovnání výsledků DMT

V této kapitole jsou mezi sebou porovnány jednotlivé digitální modely. Tudíž bude možné porovnat data prvního modelu, který byl vytvořen na základě volně dostupných informací. Informacemi byla kombinace ortofota se zobrazenými vrstevnicemi. Druhým modelem je aktuální stav pozemku po částečných terénních úpravách vykonaných během stavby rodinného domu. Posledním třetím modelem, kde požadována drobná úprava pozemku na třech místech, dorovnáním náspu pod budoucí terasou, srovnání spodní části pozemku do roviny a vytvoření parkovací plochy u domu.

### 6.5.1 DMT podle vrstevnic

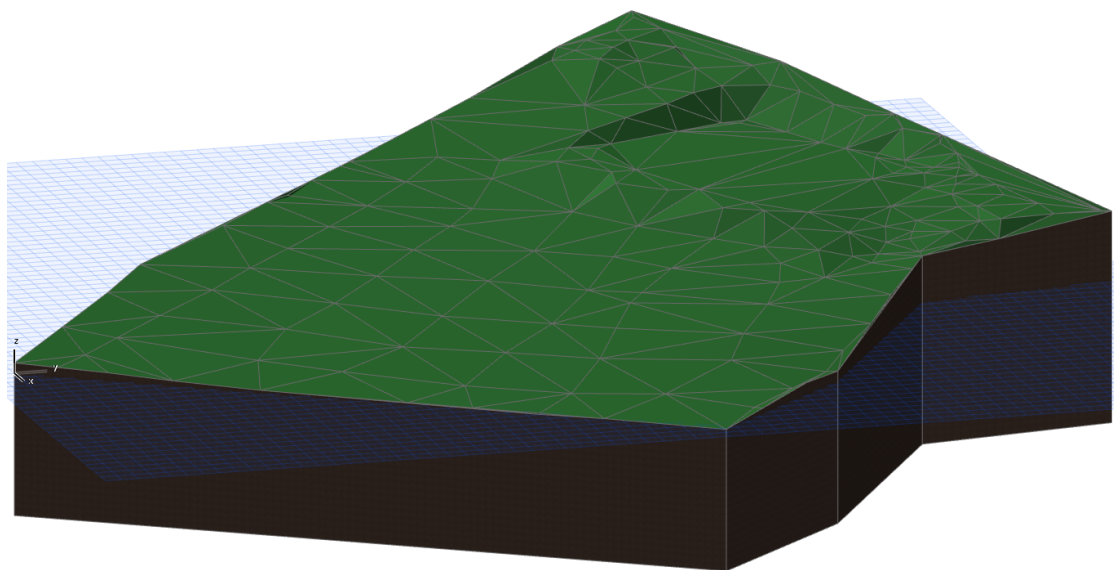
Digitální model vytvořený na základě volně dostupných informací lze jednoduše vytvořit pomocí základních nástrojů v programu Archicad. Model je vhodný jen v prvopočátku plánování jakéhokoli projektu. Lze jím získat představu o sklonu terénu atd. za předpokladu, že terén nebyl žádným způsobem upravován. Úpravami se rozumí například dočasné úložiště zeminy z okolních staveb. Odvoz několika desítek nákladních vozů je nemalá investice, která by mohla nepříznivě zasáhnout do rozpočtu stavebních projektů. Objem DMT podle vrstevnic činí  $36969,5 \text{ m}^3$ , což činí rozdíl od aktuálního stavu terénu neuvěřitelných  $1763 \text{ m}^3$ .



Obrázek 43. DMT podle vrstevnic [vlastní zdroj]

### 6.5.2 DMT podle naměřených dat z GNSS stanice

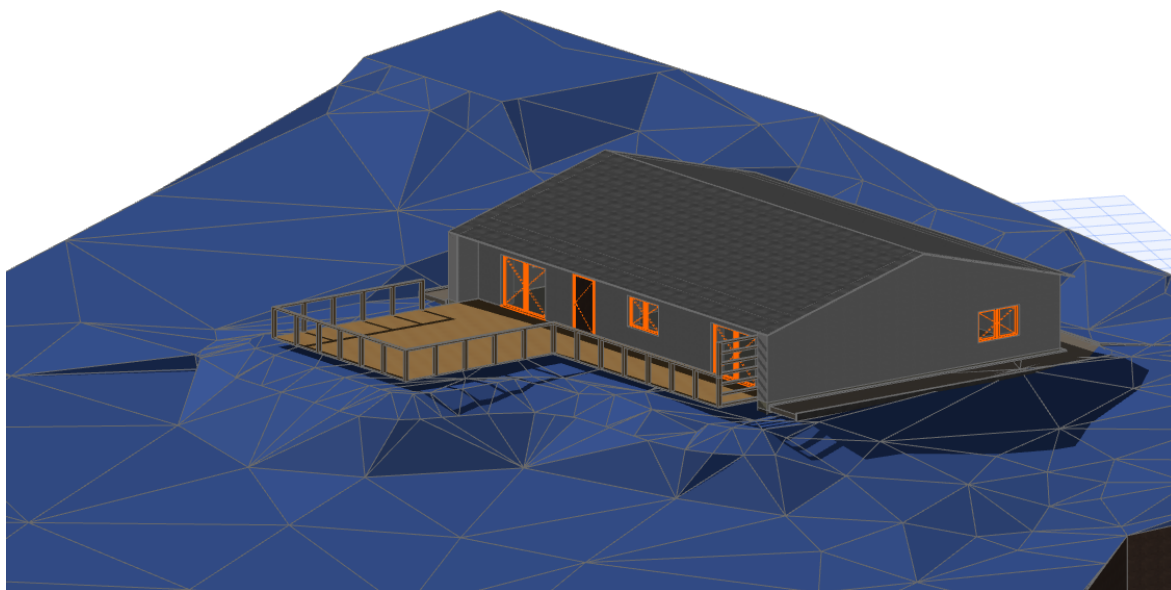
Digitální model podle naměřených dat z GNSS stanice, vychází z aktuálního stavu pozemku, a tudíž nejdůvěryhodněji vyjadřuje reálný terén. Použije-li se tento model již v počátcích plánování, lze bez větších problémů odhadnout rozsah a náročnost terénních prací. S tímto odhadem se dá již pracovat při rozpočtu projektu. Celkový objem DMT vytvořeného na základě naměřených údajů činí 36933 m<sup>3</sup>. Tato hodnota je výchozí pro všechna porovnání s dalšími vytvořenými DMT.



Obrázek 44. DMT podle naměřených výšek [vlastní zdroj]

### 6.5.3 Upravený DMT podle naměřených dat

Digitální model vychází z aktuálního stavu terénu. Model je upraven tak, aby zohlednil ještě chystané terénní úpravy na pozemku. Porovnáním aktuálního DMT a upraveného DMT podle budoucích úprav, se vypočte potřeba dovozu zeminy z jiné lokality, nebo se zjistí, že požadovaný přesun hmot na pozemku pokryje chystanou potřebu. V opačném případě se může dojít k závěru, že se bude musí zemina odvézt jinam k uskladnění. Tímto modelem si předejde problémům s prodloužením terénních prací. Celkový objem DMT po terénních úpravách činí 36927 m<sup>3</sup>. Rozdíl objemu DMT aktuálního stavu terénu s DMT s již upraveným terénem činí pouhých 6 m<sup>3</sup>.



Obrázek 45. DMT náspu pod terasou [vlastní zdroj]

## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na tvorbu digitálního modelu terénu na základě výškových bodů získaných během měření v terénu pomocí GNSS stanice South S82-T. Počáteční kapitoly jsou zaměřeny na alternativní způsoby měření a problematiku výpočtu nadmořské výšky v terénu. Kapitoly diplomové práce jsou seřazeny tak, jak byl digitální model postupně vytvářen.

Pro vytvoření digitálního modelu bylo měření v terénu vytvořeno 178 bodů. Hustota bodů během měření vhodně kopírovala členitost terénu, tak aby následný digitální model věrně simuloval reálný terén. Softwarem ArchiCad za pomoci vnitřních doplňků byla vygenerována hrubá síť napodobující terén. Věrnému zobrazení byly odebrány nevhodná spojení mezi body, které zasahovaly mimo parcelu. Nevhodná napojení byla oříznuta a z digitálního modelu odebrána. Digitální modely byly vytvořeny s ohledem na následující porovnání. K porovnání byly vytvořeny tři modely. První byl vygenerován podle vrstevnic. Druhý byl vygenerován podle naměřených dat. Třetí vycházel z druhého modelu a byl upraven podle požadavků. Digitální modely jsou součástí přílohy.

Porovnáním modelu vycházejícího z vrstevnic a modelu vytvořeného podle měření, byl zjištěn velký rozdíl v objemech obou modelů. Model vytvořený podle vrstevnic obsahoval o 1763 m<sup>3</sup> více zeminy jak aktuální terén. Porovnáním bylo zjištěno, že na pozemku o ploše 2250 m<sup>2</sup> je úroveň modelu terénu podle vrstevnic, takřka v celé ploše o necelý metr výše oproti reálnému terénu. Z tohoto poznatku vyplývá, že nejsou pozice vrstevnic vhodně zobrazeny, aby se mohl digitální model využít.

Porovnáním modelu vytvořeného na základě výškových bodů s modelem terénu, ve kterém jsou zobrazeny plánované terénní úpravy bylo zjištěno, že objem přesouvaných hmot na pozemku pokryje nároky terénních úprav. Bylo zjištěno, že plánovanými terénními úpravami bude přebývat pouhých 6 m<sup>3</sup>. Takto nepatrný přebytek není nutné odvážet, ale stačí ho rozprostřít po pozemku.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Nivalace* [online]. Česká republika: Wikipedia, 2017 [cit. 2018-01-16].  
1] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Nivalace>
- Globální navigační satelitní systémy (GNSS)* [online]. Praha: ČVUT - Fakulta  
2] stavební, 2017 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z:  
[http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie\\_geoinformatika/vy1/OBS/GNSS\\_obs.pdf](http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/vy1/OBS/GNSS_obs.pdf)
- Globální navigační satelitní systémy (GNSS). *Český kosmický portál*  
3] [online]. Praha: [www.czechspaceportal.cz](http://www.czechspaceportal.cz), 2017 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z:  
<http://www.czechspaceportal.cz>
- GNSS - informace pro zeměměřiče* [online]. Česká Republika: ČÚZK, 2017  
4] [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Zememerictvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/GNSS/GNSS-informace-pro-zememerice.aspx>
- Tachymetria* [online]. Slovenská republika: <http://www.sgs.edu.sk>, 2016 [cit.  
5] 2018-04-22]. Dostupné z: [http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia2\\_1.htm](http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia2_1.htm)
- Fotogrammetrie* [online]. Česká republika: <http://www.fiedler-geo.cz>, 2017  
6] [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.fiedler-geo.cz/fotogrammetrie>
- DOLANSKÝ, Tomáš. *Lidary a letecké laserové skenování*. První. Ústí nad  
7] Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2004. ISBN 80-7044-575-0.
- Geoportal ČÚZK – Datové sady / ZABAGED® - polohopis* [online]. Česká  
8] Republika: ČÚZK, 2017 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z:  
[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(djzynaafccv1wkgk1gah2ds2x\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady\\_zabaged&side=zabaged&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(djzynaafccv1wkgk1gah2ds2x))/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24)
- PACINA, Jan a Marcel BREJCHA. *Digitální modely terénu* [online]. První.  
9] Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2014 [cit. 2018-01-18]. ISBN 978-80-7414-848-4.  
Dostupné z:  
[http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/28e\\_final\\_tisk.pdf](http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/28e_final_tisk.pdf)

- SRTM DEM* [online]. Česká republika: Gisat.cz, 2017 [cit. 2018-03-08].
- 10] Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/produkty/digitalni-model-terenu/srtm-dem>
- SRTM Shuttle Radar Topography Mission* [online]. USA: gisgeography.com, 2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/srtm-shuttle-radar-topography-mission/>
- 11] 2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/srtm-shuttle-radar-topography-mission/>
- U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data* [online]. USA: nasa.gov, 2017 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- 12] 2017 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- Úvod do geografických informačních systémů (GIS)* [online]. Praha: ZČU, 2017 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/msgisu06s04cz/default.htm>
- 13] 2017 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/msgisu06s04cz/default.htm>
- Sběr dat pod vodní hladinou a jejich využití* [online]. Brno: Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, 2015 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: [http://download.arcdata.cz/konf/2017/prednasky/prezentace-PDF/P\\_Stepankova\\_Knap\\_VARS\\_VUV.pdf](http://download.arcdata.cz/konf/2017/prednasky/prezentace-PDF/P_Stepankova_Knap_VARS_VUV.pdf)
- 14] 2015 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: [http://download.arcdata.cz/konf/2017/prednasky/prezentace-PDF/P\\_Stepankova\\_Knap\\_VARS\\_VUV.pdf](http://download.arcdata.cz/konf/2017/prednasky/prezentace-PDF/P_Stepankova_Knap_VARS_VUV.pdf)
- Digitální model terénu (DMT)* [online]. Česká republika: geo3.fsv.cvut.cz, 2017 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: [http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3\\_pracovni\\_postup.htm](http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3_pracovni_postup.htm)
- 15] 2017 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: [http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3\\_pracovni\\_postup.htm](http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3_pracovni_postup.htm)
- Nejlepší gravitační mapa Země. *Www.rozhlas.cz* [online]. Česká Republika: Český Rozhlas, 2004 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: [http://www.rozhlas.cz/meteor/prispevky/\\_zprava/nejlepsi-gravitacni-mapa-zeme--1423064](http://www.rozhlas.cz/meteor/prispevky/_zprava/nejlepsi-gravitacni-mapa-zeme--1423064)
- 16] 2004 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: [http://www.rozhlas.cz/meteor/prispevky/\\_zprava/nejlepsi-gravitacni-mapa-zeme--1423064](http://www.rozhlas.cz/meteor/prispevky/_zprava/nejlepsi-gravitacni-mapa-zeme--1423064)
- RAPANT, Petr. *Geoinformatika a geoinformační technologie*. První. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1264-9.
- 17] 2006. ISBN 80-248-1264-9.
- Baltský po vyrovnání* [online]. Česká republika: Wikipedia, 2017 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Baltsk%C3%BD\\_po\\_vyrovn%C3%A1n%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Baltsk%C3%BD_po_vyrovn%C3%A1n%C3%AD)
- 18] 2017 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Baltsk%C3%BD\\_po\\_vyrovn%C3%A1n%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Baltsk%C3%BD_po_vyrovn%C3%A1n%C3%AD)
- ArchiCad* [online]. Česká republika: Wikipedia, 2017 [cit. 2018-02-11].



19] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>

*BIM Technology s.r.o.* [online]. Česká republika: BIM Technology s.r.o.,  
20] 2017 [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://bimtech.cz/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

2D	označuje svět, který je možné popsat dvěma rozměry
3D	označuje svět, který je možné popsat třemi rozměry
AČR	armáda České republiky
BIM	informační model budovy
Bpv	Baltský po vyrovnání
CAD	počítačem podporované kreslení
COM	původní název pro rozhraní stále používaného sériového portu
CZEPOS	Síť permanentních stanic GNSS České Republiky
ČSJNS	Česko-Slovenská jednotná nivelační síť
ČUZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DEM	digitální model reliéfu
DGN	CAD formát podporovaný programem MicroStation
DMS	digitální model povrchu
DMT	digitální model terénu
DWG	aktivní formát souborů (výkresů) programu AutoCAD
DXF	CAD formát vyvinutý firmou Autodesk
ETRS89	evropský terestrický systém
EUPOS	Evropská síť permanentních stanic GNSS
GIS	geografický informační systém
GNSS	globální družicový polohový systém
GPRS	služba umožňující uživatelům mobilních telefonů GSM přenos dat a připojení k internetu
GPS	globální polohový systém
JTSK	jednotné trigonometrické sítě katastrální
LIDAR	metoda dálkového měření vzdálenosti na základě výpočtu doby šíření pulsu laserového paprsku odraženého od snímaného objektu

NASA	americká vládní agentura zodpovědná za americký kosmický program
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TXT	textový dokument
UHF	označení rozsahu frekvencí, ultra krátké vlny
USB	univerzální sériová sběrnice, moderní způsob připojení periférií k počítači
VGHMÚř	vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
VTOPÚ	vojenský topografický ústav
VUT Brno	Vysoké učení technické v Brně
VUT Ostrava	Vysoké učení technické v Ostravě
ZABAGED	základní báze geografických dat

## SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: NIVELACE [1].....	11
OBRÁZEK 2: SÍŤ PERMANENTNÍCH STANIC GNSS ČESKÉ REPUBLIKY [4] .....	12
OBRÁZEK 3: TACHYMETRIE [5] .....	13
OBRÁZEK 4: LIDAR [7] .....	15
OBRÁZEK 5. ZÁKLADNÍ BÁZE GEOGRAFICKÝCH DAT ČESKÉ REPUBLIKY (ZABAGED®) – POLOHOPIS [8] .....	17
OBRÁZEK 6. ZÁKLADNÍ BÁZE GEOGRAFICKÝCH DAT ČESKÉ REPUBLIKY (ZABAGED®) - VÝŠKOPIS – 3 D VRSTEVNICE [8].....	18
OBRÁZEK 7. MISE RAKETOPLÁNU ENDEAVOUR – MĚŘENÍ DAT ZE DVOU ZDROJŮ [11] .....	20
OBRÁZEK 8. ZNÁZORNĚNÍ DETAILNĚJŠÍHO ROZLIŠENÍ: VPRAVO DATA PRO USA, VLEVO DATA PRO OKOLNÍ SVĚT [12].....	20
OBRÁZEK 9. VEKTORIZACE (RUČNÍ METODOU) HRANICE PARCEL (LINIE) PŘI DIGITALIZACI KATASTRÁLNÍ MAPY, PODKLADEM JSOU NASKENOVANÉ A NATRANSFORMOVANÉ RASTRY MAP – MODRÁ – PAPIŘOVÁ MAPA POZEMKOVÉHO KATASTRU, RŮŽOVÁ – KATASTRÁLNÍ MAPA NA PET FOLII, VYTVOŘENO V APLIKACI MICROSTATION [VLASTNÍ ZDROJ] .....	22
OBRÁZEK 10. SBĚR DAT POD VODNÍ HLADINOU [14] .....	23
OBRÁZEK 11. POLYEDRICKÝ MODEL [15].....	25
OBRÁZEK 12. PLÁTOVÝ MODEL [15] .....	25
OBRÁZEK 13. RASTROVÝ MODEL [15] .....	26
OBRÁZEK 14. RASTROVÝ MODEL.....	26
OBRÁZEK 15. ODCHYLKA TVARU ZEMĚ OD GEOIDU. NEROVNOSTI ZVÝRAZNĚNY TISÍCKRÁT. [16] .....	27
OBRÁZEK 16. VZTAH MEZI NADMOŘSKOU VÝŠKOU, VÝŠKOU GEOIDU A VÝŠKOU NAD ELIPSOIDEM [17] .....	28
OBRÁZEK 17. POLOHA PŘIJÍMAČE VŮČI JEDNÉ DRUŽICI [17] .....	30
OBRÁZEK 18. POLOHA PŘIJÍMAČE VŮČI DVĚMA DRUŽICÍM [17] .....	31
OBRÁZEK 19. POLOHA PŘIJÍMAČE VŮČI TŘEM DRUŽICÍM [17] .....	31
OBRÁZEK 20. SOUSTAVA ROVNIC.....	32
OBRÁZEK 21. POČÍTAČ STAR ŘADY S-82T (ROVER) [ZDROJ WWW.SURVEYTECHTRADING.COM] .....	36
OBRÁZEK 22. STAR ŘADY S-82T SPODNÍ ROZHRANÍ (ROVER) [ZDROJ WWW.GEOOBCHOD.CZ] .....	36
OBRÁZEK 23. STAR ŘADY S-82T – SVĚTELNÉ INDIKÁTORY KONTROLNÍHO PANELU A TLAČÍTKA [VLASTNÍ ZDROJ] .....	37
OBRÁZEK 24. BAREVNÉ ROZLIŠENÍ INDIKÁTORŮ [VLASTNÍ ZDROJ] .....	37
OBRÁZEK 25. STATICKÝ MÓD [VLASTNÍ ZDROJ] .....	40
OBRÁZEK 26. ZÁKLADNÍ MÓD S EXTERNÍM RÁDIEM [VLASTNÍ ZDROJ].....	41
OBRÁZEK 27. ZÁKLADNÍ MÓD S GPRS/GSM MODULEM [VLASTNÍ ZDROJ] .....	41
OBRÁZEK 28. ROVER A VESTAVĚNÉ RÁDIO [VLASTNÍ ZDROJ] .....	41
OBRÁZEK 29. ROVER A EXTERNÍ RÁDIO [VLASTNÍ ZDROJ].....	42
OBRÁZEK 30. ROVER A GPRS/GSM MODUL [VLASTNÍ ZDROJ] .....	42
OBRÁZEK 31. SCHÉMA ROZLOŽENÍ MĚŘENÝCH BODŮ [VLASTNÍ ZDROJ] .....	45
OBRÁZEK 32. ORTOFOTO S VLOŽENÝMI VRSTEVNICEMI [8] .....	51
OBRÁZEK 33. NÁSTROJOVÁ LIŠTA BIMTECH TOOLS [VLASTNÍ ZDROJ] .....	51

OBRÁZEK 34. KATASTRÁLNÍ DATA Z BIMTECH TOOLS [VLASTNÍ ZDROJ] .....	52
OBRÁZEK 35. PROLOŽENÉ ORTOFOTO S KATASTRÁLNÍMI DATY [VLASTNÍ ZDROJ] .....	52
OBRÁZEK 36. SÍŤOVÝ MODEL DLE VÝŠEK VRSTEVNIC [VLASTNÍ ZDROJ] .....	53
OBRÁZEK 37. VLOŽENÍ GEODETICKÝCH SOUŘADNIC [VLASTNÍ ZDROJ] .....	55
OBRÁZEK 38. OŘÍZNUTÍ NEVHODNÝCH SPOJENÍ V DMT [VLASTNÍ ZDROJ] .....	56
OBRÁZEK 39. OBLASTI, KDE BUDE PROBÍHAT ÚPRAVA TERÉNU [VLASTNÍ ZDROJ] .....	57
OBRÁZEK 40. VIZUALIZACE TERÉNNÍCH ÚPRAV OBLAST 1 [VLASTNÍ ZDROJ] .....	58
OBRÁZEK 41. ŘEZ TERÉNNÍMI ÚPRAVAMI OBLAST 2 [VLASTNÍ ZDROJ] .....	58
OBRÁZEK 42. ŘEZ TERÉNNÍMI ÚPRAVAMI OBLASTÍ 3 [VLASTNÍ ZDROJ] .....	59
OBRÁZEK 43. DMT PODLE VRSTEVNIC [VLASTNÍ ZDROJ] .....	60
OBRÁZEK 44. DMT PODLE NAMĚŘENÝCH VÝŠEK [VLASTNÍ ZDROJ] .....	60
OBRÁZEK 45. DMT NÁSPU POD TERASOU [VLASTNÍ ZDROJ] .....	61

## SEZNAM TABULEK

TABULKA 1. ZABAGED VÝHODY/NEVÝHODY.....	17
TABULKA 2. DMÚ 25 - VÝHODY/NEVÝHODY.....	19
TABULKA 3. INFORMACE O OBSERVACÍCH [VLASTNÍ ZDROJ] .....	45
TABULKA 4. MĚŘENÉ VEKTORY [VLASTNÍ ZDROJ] .....	45
TABULKA 5. MĚŘENÉ BODY [VLASTNÍ ZDROJ].....	46
TABULKA 6. SEZNAM DEFINITIVNÍCH SOUŘADNIC [VLASTNÍ ZDROJ].....	47